

Aus der Abteilung für Zahnerhaltungskunde und Parodontologie,
(Vorstand: Prof.Dr.E.Sonnabend), der Klinik für Zahn-, Mund-
und Kieferkrankheiten der Universität München

DIE RÖNTGENORTSDOSIS IM PRAXISRAUM IN ABHÄNGIGKEIT
VON DER FELDDGRÖSSE UND VON DER AUFSTELLUNG ZAHNÄRZTLICHER
RÖNTGengeräte (UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG
DER ERGEBNISSE DES "RÖPAK"-VERFAHRENS).

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Fritz Sauter

aus
München

1973



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554601_0033

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Ziel der Arbeit
2. Ergebnisse anderer Autoren über Ortsdosismessungen
3. Eigene Untersuchungen
 - 3.1 Benützte Geräte und technische Daten
 - 3.1.1 Röntgenapparate
 - 3.1.2 Feldgrößen - Blenden
 - 3.1.3 Überprüfung der Röntgengehäuse und der Felddurchmesser
 - 3.1.4 Benützte Dosismeßgeräte
 - 3.1.5 Phantom
 - 3.2 Versuchsanordnung
 - 3.2.1 Lagebeziehung: Phantom - Röntgenapparat - Siemens-Fingerhutkammer
 - 3.2.2 Lagebeziehung: Röntgenapparat - Ortsdosismeßpunkte
 - 3.2.3 Verschiedene Aufstellung des Röntgenapparates im Röntgen- bzw. Praxisraum
 - 3.3 Ergebnisse der Ortsdosismessungen
 - 3.3.1 Aufführung der Ergebnisse in Tabellen
 - 3.3.2 Praktische Anwendung der Tabellen 2 - 9
 - 3.3.3 Darstellung der Ergebnisse in Isodosenkurven
 - 3.3.4 Beziehung zu festgelegten Dosiswerten wie Kontroll- und Überwachungsbereich
4. Diskussion der Ereignisse und Schlußfolgerungen
 - 4.1 Vergleich der eigenen Messungen mit den Ergebnissen anderer Autoren
 - 4.2 Abhängigkeit der Ortsdosis von der Entfernung Fokus - Meßpunkt



- 4.3 Die Ortsdosis in Abhängigkeit von der Feldgröße, Röhrenspannung und dem Winkel zum Zentralstrahl
- 4.4 Der Standort des Zahnarztes während der Belichtung
- 4.5 Aufstellung des Röntgengerätes im Raum
- 4.6 Anwendung auf den Überwachungs- und Kontrollbereich
- 4.7 Auswirkung der Ortsdosis auf die Gonaden des Zahnarztes
- 4.8 Vergleich zwischen Lang- und Kurztubus
- 4.9 Allgemeine Probleme
- 4.10 Schutzmaßnahmen für den Zahnarzt und sein Personal
- 5. Zusammenfassung
- 6. Anhang
- 7. Literaturverzeichnis

Lebenslauf

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. E. Sonnabend
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. K. W. Frey
Dekan:	Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 12. Juni 1973

Meinen Eltern gewidmet

1. EINLEITUNG UND ZIEL DER ARBEIT

In den letzten Jahren hat die Verwendung ionisierender Strahlungen immer weiter zugenommen. Durch die Zunahme der Anwendung bekannter und die Einführung neuer Methoden ist insbesondere die Bevölkerung zivilisierter und technisierter Länder einer größer werdenden Strahlenbelastung ausgesetzt.

Neben der Strahlenbelastung aus natürlichen Strahlenquellen, die sich aus der kosmischen Strahlung, durch in Luft und Boden vorkommende radioaktive Elemente, sowie der "inneren" Strahlung durch inkorporierte radioaktive Isotope selbst zusammensetzt und ca. 100 bis 130 mrem/Jahr beträgt, ist auch die künstliche Strahlenbelastung durch die medizinische Anwendung ionisierender Strahlen, berufliche Exposition und die "Fall-out" Belastung erheblich angestiegen. Sie beträgt heute in Deutschland ca. 45% der Grundstrahlung. (SEELENTAG und SCHMIER (18)) 65% der künstlichen Strahlenbelastung entfällt dabei auf die medizinische Anwendung ionisierender Strahlen. Dieser Entwicklung wurden auch die Forderungen des Strahlenschutzes angepaßt, um zu vermeiden, daß die Gesamtbevölkerung und die beruflich mit Strahlung Arbeitenden hohen schädlichen Dosen ausgesetzt sind, wurden von den zuständigen wissenschaftlichen Organisationen, wie z.B. der ICRP oder EURATOM, Empfehlungen herausgegeben und von den einzelnen Staaten Verordnungen erlassen, die höchstzulässige Dosen vorschreiben. Die neue in Deutschland in Vorbereitung befindliche Röntgenverordnung läßt uns auch für die zahnärztlichen Röntgenanlagen die Abgrenzung eines Kontrollbereiches (über 1,5 rem/Jahr) und eines Überwachungsbereiches (über 0,15 rem/Jahr) erwarten.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es nun, einen Überblick über die durchschnittlichen Ortsdosen im zahnärztlichen Röntgen- bzw. Praxisraum zu geben. Zu diesem Zweck wurden Ortsdosismessungen in verschiedenen Winkelrichtungen zum Zentralstrahl und Entfernungen zum Fokus durchgeführt.

Diese Arbeit wurde in Zusammenhang mit der Überprüfung zahnärztlicher Röntgenapparate auf Strahlensicherheit nach dem "Röpak"-Verfahren BABOR und SONNABEND (2) angefertigt. Es handelt sich dabei um ein Forschungsvorhaben des Bundesgesundheitsministeriums unter Beteiligung der Arbeitsgemeinschaft für Röntgenologie und des Bundesverbandes Deutscher Zahnärzte, das von dem Institut für Strahlenschutz (Leiter: Prof.Dr.Felix Wachsmann *) der Gesellschaft für Strahlenforschung mit dem Ziel durchgeführt wurde, die ca. 25000 zahnärztlichen Röntgenapparate in der Bundesrepublik Deutschland und in Westberlin auf Strahlensicherheit zu überprüfen.

Jeder Zahnarzt, sowie Institute und Kliniken, die Röntgenapparate betreiben, erhielten einen Spezialfilm, der mit den Werten für eine Molarenaufnahme des Oberkiefers belichtet werden mußte. Die Auswertung des Filmes erfolgte in der Auswertungsstelle für Strahlendosimeter im Institut für Strahlenschutz der Gesellschaft für Strahlenforschung. Diese Auswertung ergab dann zusammen mit den Angaben, die der Zahnarzt über die technischen Daten seines Apparates machte, Werte für die an der Tubusspitze auftretende Dosis, Feldgröße, Strahlenqualität, Störstrahlung, Zentrierung des Tubus und die Homogenität des Feldes.

*) An dieser Stelle möchten wir Herrn Prof.Dr.Felix Wachsmann und seinem Mitarbeiter Herrn Studienrat R.Babor herzlich danken für die jederzeit bereitwillige Unterstützung der Untersuchungen.

2. ERGEBNISSE ANDERER AUTOREN ÜBER ORTSDOSISMESSUNGEN

Bei Erfassung der bis jetzt erschienenen Veröffentlichungen zeigte sich, daß sehr viele Ergebnisse ohne Angabe entsprechender Versuchsbedingungen mitgeteilt wurden. Deshalb wurden vor allem diejenigen Arbeiten berücksichtigt, die aufgrund genauer Angaben einen Vergleich zulassen. Diese sind in einer Tabelle übersichtlich zusammengestellt (siehe Tab.1).

Mit der Frage der Ortsdosis, die bei zahnärztlichen Röntgenaufnahmen auftritt, befaßt sich besonders eingehend RICHARDS (16). Er weist in grundlegenden Untersuchungen auf die Rolle der Streustrahlung hin, die immer dann auftritt, wenn Materie von Röntgenstrahlen getroffen wird. Weiterhin zeigt er in einem Versuch mit einer Lochkamera deutlich, daß die Hauptquelle der Streustrahlung der Kopf des Patienten ist. Der Anteil der Streustrahlung von den Weichteilgeweben erscheint hierbei größer zu sein, als der von Knochen und Hartsubstanzen der Zähne ausgehende. Bei seinen Belichtungen benützte er zuerst einen spitz endenden Plastiktubus, wie er an unseren Geräten üblich ist. Auf den Bildern aus der Lochkamera, die er durch Über-einanderlegen eines photographischen Filmes und des Röntgenfilmes erhielt, wird sichtbar, daß auch der Tubus und in der Nähe befindliche Metallteile deutlich Streustrahlung aussenden. Daraufhin machte er seine Belichtungen mit einem offen endenden Plastiktubus, dessen Endöffnung größer als der Nutzstrahlenkegel war, sodaß das Tubusmaterial nicht bestrahlt wurde. Auf diese Weise gelang es, den Tubus als Streustrahlenquelle auszuschalten. In einer weiteren Phase kleidete er einen offen endenden Tubus mit 0,3 mm starker Bleifolie aus. Durch diese Maßnahme war es zusätzlich möglich, die Streustrahlung vom Fokusrand und dem Aluminiumfilter zu verringern.

Tabelle 1: Zusammenstellung der Ergebnisse anderer Autoren über Ortsdosismessungen

Verfasser	Jahr	Röntgen- apparat	Röhren- span- nung kV	Röhren- strom mA	Feld- größe (Öff- nungs- winkel	FHA cm	Fokus- Meß- punkt- Abstand cm	Winkel zum zentral- strahl	Dosis- leistung mR/sec (während der Aufn.)	Meß- objekt	Meß- gerät
Heiss, B. (6)	1952	Ritter D 4	61	10	28° ± 9 cm	17,5	100	0	0,9 0,28 0,08	Menschen- schädel m. Paraffin- kammer weichteil- len	Konden- sator- kammer nach Sievert Radio- meter
Ilg, V.K. (7)	1957	Ritter D 8					100 100 100	45 90 180	0,019 0,0138 0,005		
Richards, A.G. (17)	1958		65	10	6,88 cm	17,5	91,5 91,5 91,5	0 45 90 180	0,463 0,104 0,108 0,040	Menschen- schädel m. Paraffin- weichteil- len	Victoreen- Minometer m. Ionisa- tions- kammern
Lovett, D.W. (11)	1959	General Electric CDX model E	65	10	38° ± 12 cm	17,5	63 78	90 90	0,11 0,09	Patient	Ionisa- tions- kammern
Mainwright, W.W. (27)	1963	CDX-90 II	65	15	6,88 cm	22,5	90	0	0,0024 mR/mA.sec	Menschen- Schädel m. Paraffin- weichteil- len	Victoreen- Ionisa- tions- kammern
Wenzel, U. (28)	1966	Siemens Kugel	60	10	16° ± 6 cm	18	100 100 100 100 100 100	0 90 180 0 90 180	0,14 0,055 0,003 0,4 0,15 0,01	wasserge- füllter Kunstst.- behälter u. Paraffin- platten	Condiognom m. Konden- sator- kammern

Fortsetzung Tabelle 1:

Wenzel, U.	1966 Müller Oralix	50	7	26° = 10 5,2 cm	100	0	0,072	s.o.	s.o.
					100	90	0,038		
					100	180	0,003		
					100	0	0,093		
					100	90	0,063		
Sauter, F.	1972 Siemens Kugel A	60	10	38° = 7,4 cm	100	180	0,008	Alderson- Phantom	Kondio- meter und Ionisa- tions- kammern
					100	0	0,016		
					100	90	0,033		
					100	180	0,052		
					100	0	0,087		
					100	90	0,094		
					100	180	0,135		
					100	0	0,407		
					100	90	0,170		
					100	180	0,223		
					100	0	0,564		
					100	90	0,505		
					100	180	0,394		
					100	0	0,009		
					100	90	0,018		
	Müller Oralix	50	7	3,5 9,2	100	180	0,024		
					100	0	0,018		
					100	90	0,052		
					100	0	0,064		
					100	180	0,083		

In einer anderen Arbeit macht RICHARDS (14) in einem Modellversuch die vom Primärstrahl getroffenen Flächen im Behandlungsraum sichtbar. Er bedient sich dabei einer Lichtquelle, die einen Röntgenapparat simuliert. Sie ist vertikal und horizontal schwenkbar und weist eine entsprechende Blende auf. Die Wände des Raummodells bestehen aus Photopapier.

Der "Röntgenapparat" steht in Raummitte. Dabei wird deutlich, daß bei einem Status mit durchschnittlich 16 Aufnahmen der Boden hinter dem Patienten, die beiden Seitenwände und die Rückwand vom Primärstrahl getroffen werden, während die Decke und die Wand vor dem Patienten praktisch unbestrahlt bleiben.

Zur Frage der Ortsdosen in verschiedenen Winkeln zum Zentralstrahl stellte ILG (7) Untersuchungen an. Er ging dabei so vor, daß bei feststehendem Dosismeßgerät (Radiameter) der Kopf des Röntgenapparates jeweils 5° sowohl horizontal als auch vertikal weitergedreht wurde. Als Röntgenapparat verwandte er einen Dentalapparat von Ritter, Typ D 8. Er gibt aufgrund seiner Untersuchungen eine sogenannte "Standardstellung" an, die sich in 2 m Entfernung vom Fokus und in einem Winkel von 90° zum Zentralstrahl befindet. Für diese Stellung fand er eine Dosisleistung von 35 mR/h.

JUNG (8) stellt bei seinen Messungen mit einer Streustrahlenkammer (PTW Simplex Universaldosimeter) im Abstand von 85 cm vor dem Röntgenstuhl und 75 cm über dem Fußboden während des Klinikbetriebes bei 120 Einzelaufnahmen (0,7 sec/Aufn.) und einer Gesamtexpositionszeit von 83,7 sec eine Ortsdosis von 1,8 mR fest.

KIRSCH (9) nahm ebenfalls im klinischen Betrieb der Heidelberger Klinik Ortsdosismessungen vor. Er brachte vor, auf und hinter einer Bleischutzwand (nähere Angaben fehlen!) eine Streustrahlenkammer an. Vor der Schutzwand erhielt er

bei 70 Aufnahmen 3,5 mR während hinter der Schutzwand nur mehr 0,8 mR meßbar waren.

Auch LOVETT (11) machte Ortsdosismessungen im klinischen Betrieb, indem er bei jeder Belichtung eine Ionisationskammer im Winkel von 90° zum Zentralstrahl im Abstand von ca. 75 cm aufstellte. Er kam dabei auf eine Ortsdosisleistung von ca. 0,09 mR/sec während der Belichtung.

REICH (13) untersuchte in einer Röntgenstation das zahnärztliche Röntgenpersonal und fand, daß dieses zwischen 300 und 500 mR/Woche erhielt. Dies liegt über der zulässigen Wochendosis von 100 mR/Woche. Im Einzelnen zeigte sich bei seinen Untersuchungen, daß im Winkel von 90° zum Zentralstrahl ("Standardstellung") und im Abstand von 18 Zoll (ca. 45 cm) je nach Apparatetyp Ortsdosisleistung von 160 - 420 mR/h auftraten.

In 180° -Stellung zum Nutzstrahlenkegel, ebenfalls im Abstand von 18 Zoll, fand er bei 3 verschiedenen untersuchten Apparaten 8 mR/h, 17 mR/h und 90 mR/h.

RICHARDS (17) untersuchte 2 Röntgenapparate - einen von 65 kV und einen von 90 kV, 2,25 mm Al Filterung - und stellte die in verschiedenen Entfernungen und verschiedenen Winkelgraden auftretende Streustrahlung fest. Als Phantom benützte er einen menschlichen Schädel, der aus Wachs modellierte Weichteile hatte. Er richtete den Röntgenapparat so ein, daß der Zentralstrahl parallel zum Fußboden in einer Höhe von 1,20 m das Phantom im rechten Winkel zur Sagittalebene bestrahlte. In Entfernungen von 2, 3, 4, 5 und 6 Fuß vom Schnittpunkt des Zentralstrahles mit der Sagittalebene und in den Winkeln 45° , 90° , 135° , 180° etc. wurden Meßkammern aufgestellt. Als Dosismeßgerät verwandte er ein Victoreen-Minometer mit Ionisationskammern. So fand er z.B. in 90° 6 Fuß (ca. 183 cm) eine

Dosisleistung von 0,026 mR/sec für den 65 kV-Apparat.
Die sichersten Positionen nach RICHARDS sind

1. hinter dem Röntgengehäuse
2. im rechten Winkel zum Zentralstrahl.

Er weist aber darauf hin, daß von den beiden Möglichkeiten, im rechten Winkel zum Zentralstrahl zu stehen, die weit sicherere die Position hinter dem Patienten ist. Bei 135° tritt, vom Zentralstrahl abgesehen, die gefährlichste Stellung auf. Ferner betont er, daß beim Fehlen einer Bleiblen-
blende, die den Nutzstrahl auf 2,7 Zoll = 6,8 cm einblendet, und bei der Verwendung einer Gesamtfilterung von nur 0,5 mm Al die tägliche Belastung ein 4-faches der Werte beträgt, die mit exakter Einblendung und einer Filterung von 2,25 mm Al auftreten. Aus der Auswertung der Ergebnisse ist auch ersichtlich, daß der Streustrahlenanteil bei einer Steigerung der kV-Zahl von 65 auf 90 kV um das 2 - 3-fache zunimmt. Gleichzeitig nimmt natürlich die Härte der Streustrahlung zu, so daß der Betrieb eines 90 kV-Apparates eine wesentlich größere Gefahr für den Zahnarzt darstellt.

Eine der jüngsten Untersuchungen über die Ortsdosis im zahnärztlichen Praxisraum stammt von WENZEL (28). Er benutzte bei seinen Untersuchungen ein Phantom, das aus einem mit Wasser gefüllten Kunststoffkanister in den Abmessungen 40 x 35 x 35 cm an Stelle des Patientenkörpers und zur Darstellung von Kopf und Hals aus 35 Ca-Paraffinplatten 20 x 20 x 1 cm bestand. Der Zentralstrahl wurde wie bei Richards horizontal eingestellt. Der Abstand Fokus - Fußboden betrug 110 cm. Als Röntgenapparat benutzte er eine Siemenskugel und einen Müller-OraliX. Zur Dosismessung verwandte er ein Kondiognom. Die Meßkammern verteilte er auf einer Horizontalebene 110 cm über dem Fußboden in verschiedenen festgelegten Winkelgraden im Fokusabstand 1,0 m. Ferner lagen 2 Punkte in Zentralstrahl-

richtung 45° über bzw. 45° unter diesem. Ein Meßpunkt lag lotrecht unter dem Fokus auf dem Fußboden. Die gefundenen Meßwerte sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

WENZEL befaßte sich auch mit der Frage des Kontroll- und Überwachungsbereiches - die in der geplanten Strahlenschutzverordnung vorgesehen sind - indem er in 30 zahnärztlichen Praxen Messungen durchführte. Bei seinen Untersuchungen fand er, daß in den meisten Praxen der in der Unfallverhütungsvorschrift empfohlene Abstand des Röntgenpersonals vom Fokus mit 1,5 m vom Überwachungsbereich (0,15 rem/Jahr) nicht erreicht wird. Die maximale Ausdehnung des Kontrollbereiches (1,5 rem/Jahr) lag bei 92 cm vom Fokus.

Eine entscheidende Rolle bei der Dosisreduktion spielt die Feldgröße. ARDRAN und CROOKS (1) weisen darauf hin, daß bei einer Feldgröße von 2 Zoll (= 5 cm) an der Tubusspitze nur $\frac{2}{3}$ der Strahlung auftritt wie bei einem Feld von $2 \frac{1}{2}$ Zoll (6,25 cm) und nur $\frac{1}{6}$ der Dosis die bei einer Feldgröße von 5 Zoll (= 12,5 cm) auftritt.

HAYBITTLE (5) legt in seiner Arbeit dar, daß der Abstand vom Rand des Nutzstrahlenkegels der bedeutendste Faktor ist, der die Dosis außerhalb des Nutzstrahles bestimmt. Vergleichsweise bringt eine Änderung der kV-Zahl und der Filterung nur geringe Abweichungen. Er kommt zu dem Schluß, daß sowohl die Feldgröße auf ein Minimum reduziert werden muß, als auch besondere Aufmerksamkeit darauf zu verwenden ist, daß gefährdete Körperpartien möglichst weit vom Rand des Nutzstrahlenkegels entfernt sind.

SMITH (19) weist in seiner Untersuchung auf einen weiteren Vorteil der engen Ausblendung hin, den er in einem kontrastreicherem Bild sieht, da der Streustrahlenanteil am Rönt-

genfilm geringer ist. Aus seinen Ergebnissen geht weiter hervor, daß die Streustrahlung im rechten Winkel zum Nutzstrahl gemessen annähernd proportional der Feldgröße ansteigt.

GÜNTHER (4) zeigt in seiner Veröffentlichung die Gefahren für den Zahnarzt und sein Personal auf, wenn grundlegende Forderungen des Strahlenschutzes mißachtet werden. Er weist besonders darauf hin, daß das Apparategehäuse nicht, wie in Firmenprospekten versichert wurde, strahlungssicher ist, sondern in geringem Abstand eine nicht zu vernachlässigende Dosis auftritt.

Laut DIN 6811 ist bei Schutzhauben eine Dosisleistung bis 72 mR/h in 1 Meter Entfernung von der Oberfläche und außerhalb des Nutzstrahlenbündels zulässig.

Ferner schneidet GÜNTHER die Frage nach dem günstigsten Standort des Röntgengerätes im Raum sowie dem sichersten Platz für den Zahnarzt bei der Belichtung an. Er spricht sich, wie V.RECKOW (12), für eine Aufstellung in einer Ecke des Untersuchungsraumes aus, da hier der vom Nutzstrahlenkegel bestrichene Raumanteil am kleinsten ist. Für die beste Position des Zahnarztes bei der Belichtung hält er die entgegengesetzte Richtung zum Zentralstrahl in 2 Meter Entfernung, da nach seinen Angaben bei einer Position im rechten Winkel zum Zentralstrahl die Dosis bis zu 100 % gegenüber der 180°-Stellung zunimmt.

GÜNTHER (4) forderte ferner bei der Aufnahme eine möglichst gute Einblendung des Strahlenkegels und hält es für sehr bedenklich, wenn der Nutzstrahlenkegel bei zahnärztlichen Röntgenapparaten auf 50° erweitert werden kann. Hier ist der Fixblendenscheibe (z.B. Müller Oralix) der Vorzug zu geben. Einen weiteren Vorteil sieht er, wie SONNABEND (22) und SMITH (19) in der besseren Bildqualität durch vermin-

derte Streustrahlung. Er empfiehlt für den viel röntgenologisch tätigen Zahnarzt die fortlaufende Messung der Personendosen mit der Filmschwärzungsmethode, wie sie von LANGENDORFF, SPIEGLER und WACHSMANN (10) in Deutschland eingeführt wurde.

Von vielen Autoren werden Vorschläge zur Dosisverminderung gemacht. Auf ihre Wirksamkeit im Hinblick auf die Ortsdosis wird später noch eingegangen.

3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

Die Planung einer geeigneten Versuchsanordnung wurde so vorgenommen, daß zusammen mit dem Auswertungsergebnis des bereits beschriebenen Röpak-Verfahrens Ortsdosiswerte für den zahnärztlichen Röntgen- bzw. Praxisraum ermittelt werden können.

Für die vorliegende Arbeit sind vor allem die Dosis an der Tubusspitze bei einer Molarenaufnahme, die der Hautoberflächendosis entspricht sowie die Angaben über die Feldgröße wichtig.

3.1 Benützte Geräte und technische Daten

3.1.1 Röntgenapparate

Die Auswahl der Röntgenapparate ging davon aus, zwei Apparate zu finden, die mit den in Deutschland meistverwendeten Röhrenspannungen arbeiten. Dabei fiel die Wahl auf den Müller Oralix (50 kV) und die Siemens Röntgenkugel A (60 kV).

Die Röpak-Statistik ergibt bei ca. 21500 untersuchten Apparaten in der BRD

Röhrenspannung:	keine Angaben	42,5 %
	unter 50 kV	37,9 %
	50 - 55 kV	2,3 %
	über 55 - 60 kV	16,4 %
	über 60 kV	0,9 %

Der hohe Anteil von Apparaten unter 50 kV ist fast ausschließlich durch die älteren Müller Oralix-Apparate bedingt, die mit 45 kV arbeiten. Die neueren Müller-Geräte

haben eine Röhrenspannung von 50 kV, da bei den 45 kV-Apparaten die Hautoberflächendosis ungünstiger liegt und den Forderungen nach möglichst geringer Strahlenexposition nicht mehr genügen.

Die neuen Apparate haben meist Spannungen zwischen 50 und 60 kV. Die in Amerika teilweise verwendeten 70 - 90 kV konnten sich bei uns infolge größerer Nachteile in Bildkontrast und der Gonadenbelastung (SONNABEND (21), ARDRAN und CROOKS (1) sowie STANFORD (25) nicht einführen.

Technische Daten der verwendeten Geräte:

	Müller Oralix 11227/00	Siemens Röntgen- kugel A Nr.3302973 ^{x)}
Röhrenspannung:	50 kV	60 kV
Röhrenstrom:	7 mA	10 mA
Filterung:	keine zusätzliche Filterung	
Fokus-Tubusspitzenabstand (Fokus-Hautabstand FHA)		
Tubus kurz:	9,2 cm	18,0 cm
Tubus lang:	19,5 cm	27,0 cm

3.1.2 Feldgrößen-Blenden

Da die Ortsdosisverteilung auch stark von der Feldgröße an der Tubusspitze abhängt, wurden analog der RÖpak-Statistik für Felddurchmesser

bis	4,0 cm	1,0 %
über 4,0 - 6,5 cm		46,0 %
über 6,5 - 9,0 cm		34,7 %
über 9,0 -12,0 cm		16,9 %
über 12 cm		1,3 % ($\hat{=}$ 270 Apparate!)

verschiedene Größen gewählt.

^{x)} An dieser Stelle möchten wir der Siemens AG, Bereich medizinische Technik - Dental, Depot München, für die freundliche Überlassung einer Siemenskugel für die Untersuchungen danken.

Die Statistik zeigt, daß Feldgrößen über 12 cm Durchmesser immerhin bei 270 Apparaten vorliegen, wobei auch Durchmesser von 17 - 18 cm zu finden sind.

Die Feldgrößen für die Untersuchung wurden wie folgt festgelegt:

3,5 cm als kleinste Feldgröße mit der bei genauer Zentrierung ein 3×4 - Film voll belichtet werden kann. Der Durchmesser des Nutzstrahlenkegels beträgt dann in der Filmebene (Abstand von der Tubusspitze ca. 5 cm) bei der Siemenskugel 4,5 cm und beim Müller Oralix 5,3 cm. Dieser Felddurchmesser von 3,5 cm war bei ca. 230 Röntgenapparaten feststellbar. So wünschenswert ein kleines Feld ist, so ungünstig erscheint ein Durchmesser von 3,5 cm, da die Gefahr, eine Aufnahme wiederholen zu müssen, doch sehr groß ist und damit eine unnötige Mehrbelastung entsteht. Die nächste Feldgröße ist 6,0 cm, die nach DIN 6811 vom Jahr 1962 gefordert wird und auch in der neuen Strahlenschutzverordnung vorgesehen ist.

9,0 cm wurde gewählt, da vor allem ältere Siemens- und Rittergeräte zu ca. 70 % Feldgrößen von 6,5 - 9 cm haben.

Als größter Felddurchmesser wurde schließlich 15,0 cm genommen, um zu untersuchen, wie ungünstig sich ein derartig großes Feld auswirkt.

Alle Feldgrößen wurden durch individuell angefertigte Bleibenden (2,5 mm Stärke) erreicht. Zur genauen Bestimmung der erforderlichen Blendenöffnung wurden zwei Filme 24×30 in verschiedenem Abstand zum Fokus senkrecht zum Zentralstrahl mit einer serienmäßigen Blende belichtet. Aus dem Verhältnis der beiden Feldgrößendurchmesser und den Abständen zwischen den Filmen wurde die genaue Fokusslage und die erforderlichen Blendendurchmesser ermittelt (siehe Abb. 1 und 2).

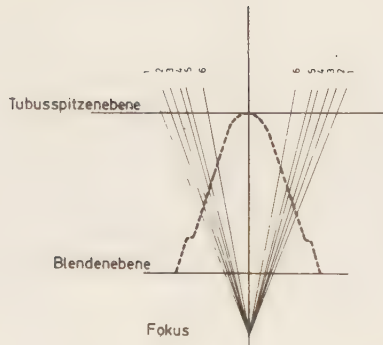


Abb. 1: zeigt für das Röntgengerät Müller Oralix die Lagebeziehung zwischen Fokus, Blendenebene und Tubusspitze bei Verwendung eines Kurztubus. Die Zahlen kennzeichnen folgende Feldgrößen (in Klammern die serienmäßigen Blenden):

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| 1 = 7,4 cm Ø (Blende 4) | 4 = 5,2 cm Ø (Blende 2) |
| 2 = 6,6 cm Ø (Blende 3) | 5 = 4,8 cm Ø (Blende 1) |
| 3 = 6,0 cm Ø | 6 = 3,5 cm Ø |

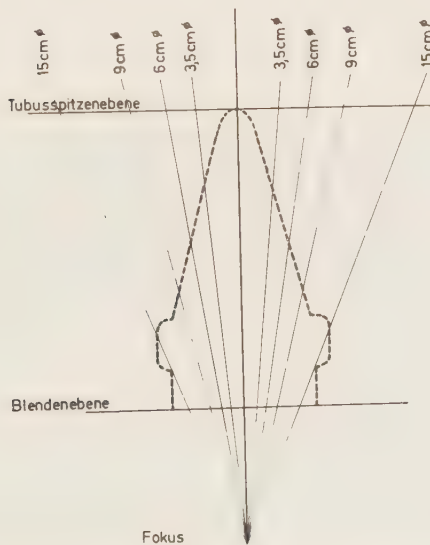


Abb. 2: zeigt für das Röntgengerät Siemens Röntgenkugel A die Lagebeziehung zwischen Fokus, Blendenebene und Tubusspitze bei Verwendung des Kurztubus.

Beim Müller Oralix-Gerät war es von der Konstruktion her trotz Ausbaues der Blendenscheibe nicht möglich, ein größeres Feld als 7,4 cm zu bekommen, so daß hier auf Untersuchungen mit den Felddurchmessern von 9 und 15 cm verzichtet werden mußte. Bei der Siemenskugel konnten alle Felder durch Einlegen von angefertigten Blenden hergestellt werden.

3.1.3 Überprüfung der Röntgengehäuse und der Felddurchmesser

Zur Kontrolle der gewünschten Feldgröße wurden Filme belichtet und das Feld nachgemessen. Zusätzlich wurden um das ganze Gehäuse Filme gelegt (24 x 30) und 20 R, (an der Tubusspitze gemessen) gestrahlt, um eventuelle Mängel in der Gehäuseabschirmung zu erkennen. Die Entwicklung der Filme zeigte, daß weder der Müller Oralix noch die Siemenskugel eine Leckstrahlung aufwiesen, die das zulässige Maß überschreitet. (Empfehlung der ICRP von 1955: 100 mR/h im Abstand von 1 m, wenn die Röntgenröhre mit abgedecktem Austrittsfenster bei voller Belastung arbeitet.)

Für den Betrieb der beiden Röntgenapparate wurde ein Regeltrafo vorgeschaltet, um eine konstante Netzspannung von 220 V zu erreichen. Vor jeder Belichtung wurde dieser Wert überprüft.

3.1.4 Benützte Dosismessgeräte

Zur Dosismessung wurden Kondensatorkammern der Physikalisch Technischen Werkstätten Dr. Pychlau, Freiburg, benützt. Die Kammern wurden in 80 cm Höhe mit einem Halter aus Plexiglas so befestigt, daß die Messung frei in Luft erfolgte und keine Rückstreuung durch die Halterung gegeben war.

Kondensatorkammern

Die Kondensatorkammern bestehen aus einer strahlendurchlässigen Wand und der durch Bernstein isolierten Mittelelektrode. Diese Elektrode wird gegen das Gehäuse mit einer bestimmten Spannung aufgeladen. Ionisierende Strahlung macht nun die Luft in der Kammer leitend und bewirkt einen Spannungsabfall zwischen Gehäuse und Mittelelektrode. Dieser Spannungsverlust ist proportional der eingestrahlten Dosis. Er wird mit dem weiter unten beschriebenen Kondiometer derselben Firma gemessen. Je nach Verwendungszweck stehen Kammer mit verschiedenen Empfindlichkeiten bereit.

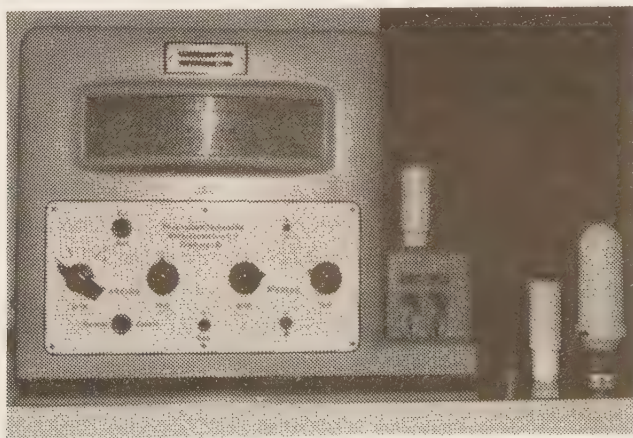


Abb.3: zeigt die 3 verschiedenen, bei den Untersuchungen benützten Ionisationskammertypen und das dazugehörige Auswertungsgerät (Kondiometer)

Bei den Untersuchungen wurden folgende Kammern verwendet:

Plexikammern: 15 × 40 mm

Nr.	c 3	c 11
	c 6	c 14
	c 8	c 15
	c 10	c 16

Zylinder-Kammern: 30 × 95 mm

Nr.	3292	Y 111
	3294	Y 119
	3295	Y 126
		Y 128

Zylinder-Kammern: 45 × 150 mm

Nr.	X 176	X 310
	X 177	X 311
	X 178	X 312
		X 313

Für diese Kammern liegen Prüfprotokolle vor, die Auskunft über die genaue Empfindlichkeit/Skalenteile geben. Die Kammern müssen, um möglichst genaue Werte zu liefern, vor Luftfeuchtigkeit geschützt werden, da sonst Isolationsverluste auftreten. Sie wurden deshalb stets in einem Exsikator aufbewahrt und nur für die Dauer der Messung herausgenommen.

Trotzdem hat jede Kammer über längere Zeit einen bestimmten Isolationsverlust, der aber 5 Skalenteile in 12 Stunden nicht übersteigen sollte. Dieser sogenannte Kammerablauf wird für jede Kammer einfach dadurch bestimmt, daß man die aufgeladenen und verschlossenen Kammern verschiedene Zeiträume liegen läßt und dann den Spannungsverlust nachmißt.

Kondiometer

Die Aufladung der Kammern und die Dosismessung wurde mit dem Kondiometer durchgeführt. Die Aufladung kann mit drei verschiedenen Spannungen erfolgen. Dadurch bietet sich der

Vorteil, stets mit der größten Genauigkeit messen zu können. Diese ist dann gegeben, wenn die Lichtmarke an der Ableseskala des Kondimeters ungefähr bis zur Skalenmitte ausschlägt. Beträgt die Entladung nur wenige Volt, so besteht Gefahr, daß bei kleinen Schwankungen des zuvor justierten Nullpunktes das Resultat verfälscht wird. Bei zu weit gehender Entladung der Kammer wiederum besteht die Möglichkeit, daß für den letzten Teil keine genügende Sättigung vorhanden ist. Um den günstigsten Bereich zu finden, wurden deshalb zuerst ausgedehnte Versuchsmessungen durchgeführt. Hierdurch konnte für jeden Meßort die Kammer mit der besten Empfindlichkeit ausgewählt werden.

Die Dosis an der Tubusspitze des Röntgengerätes wurde mit der Fingerhutkammer Nr. E 30 - W 12 - O60 in Verbindung mit dem Siemens-Universaldosimeter Nr. E 3X2 - 1649 gemessen.

3.1.5 Phantom

Als Ersatz für den Patienten wurde ein Alderson-Phantom benützt. Dieses Phantom besteht aus einem menschlichen Skelett, das mit gewebeäquivalentem Kunststoff umkleidet ist. Die Gewebeschichten und die Körperhöhlen sind entsprechend den anatomischen Verhältnissen modelliert. Das Phantom hat keine Extremitäten.

3.2 Versuchsanordnung

3.2.1 Lagebeziehung Phantom - Röntgenapparat - Siemens-Fingerhutkammer

Bei der Versuchsanordnung stand der Kopf des Phantoms in einer Höhe, die der durchschnittlichen Sitzhöhe des Patienten auf dem zahnärztlichen Stuhl entspricht. Diese Höhe ergibt sich aus der Bewegungsfreiheit des Apparateschwenkarmes. Sie wurde so gewählt, daß sich der Fokus stets auf 1,10 m Höhe über dem Boden befand. Der Tubus war auf das (rechte) obere Molarengebiet des Phantomkopfes gerichtet, analog der Röpakbedingung, die eine Belichtungszeit des Röpakfilmes für die oberen Molaren forderte. Der Neigungswinkel zur Horizontalen beträgt 30° .

Zwischen dem Phantomkopf und der Tubusspitze des Röntgenapparates war die o.a. Fingerhutkammer angebracht.

Pro Messung wurde an der Tubusspitze 106,5 R gestrahlt. Dieser Wert ergibt sich aus dem zum Dosimeter gehörigen Prüfschein, wonach 100 Skalenteile = 106,5 R entsprechen. Eine so hohe Dosis an der Tubusspitze wurde aus zwei Gründen gewählt:

1. Um den Kondensatorkammern in größerer Entfernung eine genügend große Dosis aufzustrahlen.
2. Um den Fehler möglichst klein zu halten, da die Ortsdosen in der Auswertung nur auf den 106,5-ten Teil, also 1 R an der Tubusspitze bezogen sind.

Die Belichtungszeiten betrugen je 3 sec mit 2 min Pause zwischen den Belichtungen, damit die Röhre thermisch nicht überlastet war. Ferner wurde noch die Gesamtbelichtungszeit, die für 106,5 R an der Tubusspitze nötig war, gemessen, um eine Aussage über die Dosisleistung machen zu können.

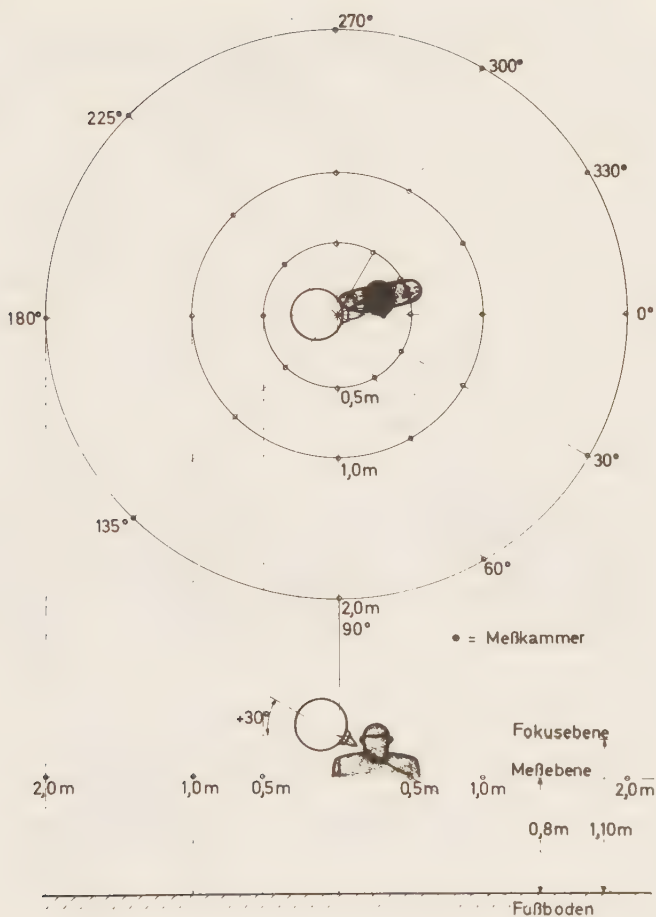


Abb.4 : (obere Zeichnung) Lage der Meßpunkte in der Horizontalebene zum Fokus bei der Aufstellung des Röntengerätes im Raum (hier: Siemens Röntgenkugel A).

Abb.4a: (untere Zeichnung) zeigt die Lage des Fokus zur Meßebe und zum Fußboden. Die kleinen Kreise an den Schnittpunkten entsprechen den Meßkammern. Ferner ist schematisch die Einstellung des Tubus zum Phantom dargestellt.

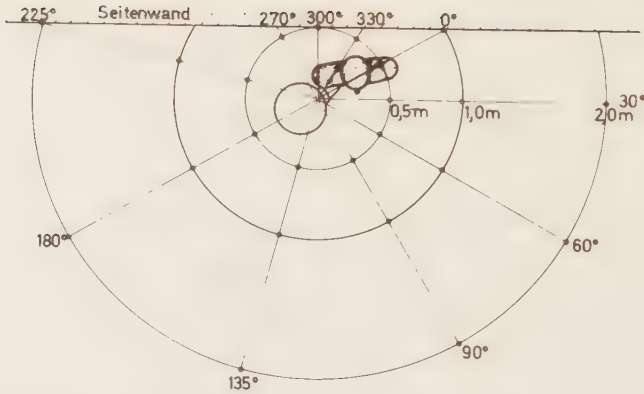


Abb.5 Lage der Meßpunkte zum Fokus bei der Aufstellung des Röntgengerätes an einer Seitenwand (hier: Siemens Röntgenkugel A). Die kleinen Kreise an den Schnittpunkten entsprechen den Meßkammern. Ferner ist schematisch die Einstellung des Tubus zum Phantom dargestellt.

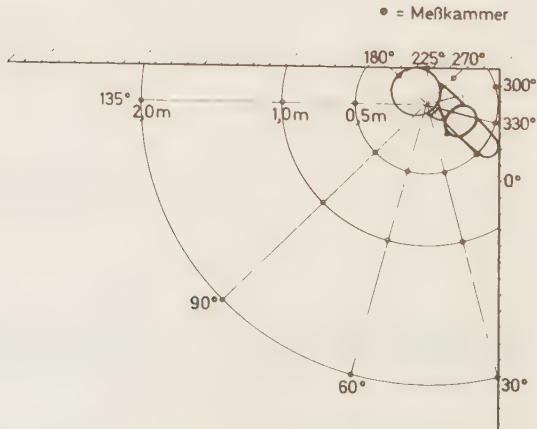


Abb.6 Lage der Meßpunkte zum Fokus bei der Aufstellung des Röntgengerätes in einer Raumecke (hier: Siemens Röntgenkugel A). Die kleinen Kreise an den Schnittpunkten entsprechen den Meßkammern. Ferner ist schematisch die Einstellung des Tubus zum Phantom dargestellt.

3.2.2 Lagebeziehung: Röntgenapparat - Ortsdosismesspunkte

Bei der Auswahl der Ortsdosismesspunkte wurde davon ausgegangen, daß in erster Linie der Zahnarzt und sein Personal gefährdet sind und weniger der Patient, der sich relativ selten einer zahnärztlichen Röntgenaufnahme unterzieht. Deshalb wurde als Höhe der Meßebene die durchschnittliche Gonadenhöhe beim stehenden Menschen mit 0,80 m ausgewählt. Bezugslinie für die Entfernungsangaben ist die Lotrechte vom Fokus zum Boden. Von dieser Lotrechten als Mittelpunkt sind gedachte horizontale Kreise in 0,80 m Höhe im Abstand 0,5, 1,0 und 2,0 m gezogen (bei der Aufstellung in einer Raumecke auch 0,25 m). Um die verschiedenen Standpunkte des Zahnarztes bei Belichtung zu erfassen, wurde die Projektion des Zentralstrahles auf die Horizontalebene als 0° festgelegt und von hier im Uhrzeigersinn sternförmig Linien, die von der Lotrechten Fokus-Boden ausgehen, in folgenden Winkelgraden gezogen: 30° , 60° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° , 300° , 330° .

An den Schnittpunkten der oben erwähnten Kreise mit diesen Linien wurden die Meßkammern plazierte. Hierbei kommt den Meßpunkten in 2,0 m Entfernung besondere Bedeutung zu, da dieser Abstand zum Fokus allgemein als Sicherheitsabstand empfohlen wird (siehe Abb. 4 - 6).

3.2.3 Verschiedene Aufstellung des Röntgenapparates im Röntgen- bzw. Praxisraum

Die Versuche wurden in der oben beschriebenen Anordnung jeweils für die drei möglichen Aufstellungsarten des Röntgengerätes in Ecke, Mitte Raum (= Einheit) und an der Seitenwand durchgeführt. Damit ist es möglich, den individuellen Raumverhältnissen der einzelnen Praxen gerecht zu werden und den Einfluß der Rückstreuung von den Wänden zu

erfassen. Dies geschah auch im Hinblick auf die von manchen Autoren gegebene Empfehlung, den Röntgenapparat in einer Raumecke aufzustellen.

Die Ropak-Statistik über die Aufstellung der Röntgenapparate in der Bundesrepublik gibt uns folgende Auskunft:

Aufstellung Ecke	20,5 %
Aufstellung Einheit	24,6 %
Aufstellung Seitenwand	39,6 %
Eigener Raum	14,3 %
keine Angaben	1,3 %

Daß hier das Ergebnis über 100 % liegt, hat seinen Grund darin, daß in 90 Fällen bei der Angabe: "Aufstellung in eigenem Raum" noch zusätzliche Angaben über Seite, Ecke oder Mitte Raum erfolgte, die ebenfalls in der Statistik erscheinen.

Der Raum, in dem die Versuche durchgeführt wurden, war so groß, daß auch die Meßpunkte in 2,0 m Entfernung von der Lotrechten Fokus-Boden nicht in unmittelbarer Wandnähe lagen.

Die Dosismessungen wurden in jeder Anordnung 3 - 5 mal wiederholt. Die in den Tabellen 2 - 9 angegebenen Ortsdosen stellen den Mittelwert aus diesen Meßergebnissen dar (s.Anhang).

3.3 Ergebnisse der Ortsdosismessungen

Die Ergebnisse stützen sich auf 3250 Dosismessungen, die mit den aufgeführten Kondensatorkammern ausgeführt wurden.

3.3.1 Aufführung der Ergebnisse in Tabellen

Die in vorher beschriebener Weise ermittelten Dosen wurden in ein Protokoll (s. Abb.7) eingetragen und mit den entsprechenden Faktoren umgerechnet. Für jeden Röntgenapparat, für jede Feldgröße und für jede Aufstellungsart wurde je ein solches Protokoll angefertigt. Die endgültigen Werte sind in den Tabellen 2 - 9 für verschiedene Feldgrößen zusammengestellt (siehe Anhang).

3.3.2 Praktische Anwendung der Tabellen (2 - 9)

Mit Hilfe dieser Tabellen ist es nun für jeden Zahnarzt möglich, die pro Aufnahme in seiner Praxis auftretenden Ortsdosen in Gonadenhöhe des Zahnarztes orientierend zu ermitteln. Dazu nimmt er den Röpak-Ergebnisbericht (Abb.8), der ihm zugeschickt wurde, und sucht nach der kV-Zahl seines Röntgengerätes und der ihm mitgeteilten Feldgröße die entsprechende Tabelle heraus. Nun kann der Zahnarzt je nach Aufstellungsart seines Gerätes in der entsprechenden Spalte - Raummitte, Ecke oder Seitenwand - die Ortsdosis seines Standpunktes bei der Belichtung unter Berücksichtigung der Entfernung und des Winkels zum Zentralstrahl ablesen.

In der linken Hälfte der Tabellen 2 - 9 sind die Ortsdosen in mR eingetragen, die auftreten, wenn 1 R an der Tubusspitze gemessen wird. Der Zahnarzt muß also seine in der Tabelle gefundene Ortsdosis noch mit der pro Aufnahme verabreichten Dosis, die ihm im Röpak-Ergebnisbericht (Abb.8) mitgeteilt wurde, multiplizieren.

SIEMENS-KURZTUBUS FELD 6 cm Ø SEITENWAND

Platz/ Kammer- nummer	Skalen- teile (absolut)	Null- punkt berich- tigt	Ablauf berück- sicht.	Ortsdosis- in mR pro 106,5R an der Tubus- spitze (auf 20°C/ 760 mm Hg korrigiert)	Ortsdosis- in mR pro 1 R an der Tubus- spitze	Dosis- leistung mR/sec 53,5 Ge- samtbel.- Zeit
1 3295	208,0	210,0	209,0	21,1	0,198	0,394
2 C 3	37,0	40,0	39,0	44,85	0,421	0,838
3 C 6	24,25	27,5	24,25	27,89	0,261	0,521
4 C 8	10,25	13,5	11,75	13,63	0,127	0,254
5 C 14	11,0	12,0	12,0	15,78	0,148	0,294
6 3294	159,0	161,7	161,5	15,66	0,147	0,292
7 C 10	12,5	14,2	12,5	14,0	0,131	0,261
8 Y 128	157,5	161,2	160,0	15,68	0,147	0,293
9 C 11	16,0	17,3	17,3	19,89	0,186	0,371
10 Y 126	34,0	37,3	36,5	3,52	0,033	0,065
11 Y 111	74,0	76,0	75,5	7,36	0,069	0,137
12 X 178	108,25	108,25	107,75	4,74	0,044	0,088
13 X 311	113,0	113,3	113,3	4,87	0,045	0,091
14 Y 119	56,0	57,7	57,0	5,61	0,052	0,104
15 3292	62,0	66,0	63,0	6,01	0,056	0,112
16 X 176	140,0	141,0	140,5	6,18	0,058	0,115
17 X 310	22,0	23,7	23,5	1,01	0,009	0,018
18 X 177	27,0	27,0	27,0	1,19	0,011	0,022
19						
20						
21 X 313	45,5	46,5	46,0	1,978	0,018	0,036
22 X 312	40,0	40,0	40,0	1,68	0,015	0,031
23						
24						

Abb. 7 Beispiel eines Untersuchungsprotokolls.
(Dieses Protokoll zeigt die gemessenen Werte und die verschiedenen Umrechnungen bei der Aufstellung der Siemens-Röntgenkugel A an einer Seitenwand unter Verwendung einer Feldgröße von 6 cm Ø).

Überprüfung von zahnärztlichen Röntgenapparaturen nach dem Ropak-Verfahren

Mitteilung der Ergebnisse

(gerechnet mit der elektronischen Datenverarbeitungsanlage der GSF)

Arbeitsstelle für Strahlendosimetrie der GSF
65422 Nistal (bei RG, Postfach 20000, Reg. - Stadt Landstraße) Tel. 0811 3117611

Neuherberg, den 11.01.77

X=

Kartei-Nr. 11111

Bei Rückfragen bitte Kartei-Nr. angeben!

Betr.: Ergebnisse des ROPAK-Verfahrens

Die Untersuchung Ihres Röntgenapparates (II) mit Tubus nach dem Ropak Verfahren hat ergeben:

1. Felddurchmesser 8,2 cm
(dort nach DIN 6811 nicht größer als 6 cm sein)

☐	☒
normal	zu groß
2. Pro Aufnahme verabreichte Dosis 1,4 R
(Diese soll für eine intraorale Aufnahme eines Malaren 2 R an der Tubusspitze nicht überschreiten!)

☐	☒	☐
niedrig	normal	zu hoch
3. Strahlenqualität HWSO 1,4 mm Al

☐	☒	☐
weich	normal	hart
4. Störstrahlung außerhalb des ausgeblendeten Feldes

☐	☒
ja	nein
5. Zentrierung

☒	☐
gut	schlecht
6. Verschiedenes

Auf Grund obiger Feststellungen sind aus Strahlenschutzgründen folgende Abhilfemaßnahmen erforderlich.
Diese sind auf der Rückseite abgedruckt. Bitte beachten Sie die angekreuzten Abschnitte.

zu 1. ☒ zu 2. ☐ zu 3. a) ☐ b) ☐ zu 4. ☐ zu 5. ☐ Beilage

Abb.8 zeigt das Muster eines "Ropak"-Ergebnisberichtes. Diesen Bericht erhielt jeder Zahnarzt, der an dem "Ropak"-Verfahren zur Überprüfung zahnärztlicher Röntgenapparate teilgenommen hatte. (Originalabbildung der Vorder- und Rückseite siehe Anhang!)

Dazu ein kurzes Beispiel:

Ein Zahnarzt verabreicht laut Ropak-Ergebnisbericht pro Molarenaufnahme im Oberkiefer z.B. 2,5 R (Dosis an der Tubusspitze). Die ihm gleichzeitig mitgeteilte Feldgröße beträgt z.B. 6 cm. Sein Röntgengerät (60 kV) steht an der Einheit und nimmt er die Belichtung in 90° zum Zentralstrahl im Abstand von 2 m vor, so beläuft sich die Ortsdosis in Gonadenhöhe auf $2,5 \times 0,012 \text{ mR} = 0,03 \text{ mR/Aufnahme}$ (siehe Tab.7).

In der rechten Hälfte der Tabellen 2 - 9 sind die entsprechenden Dosisleistungen angegeben. Mit Hilfe dieser kann der Zahnarzt aufgrund seiner verwendeten Belichtungszeit/Aufnahme die entsprechende Ortsdosis heraussuchen.

3.3.3 Darstellung der Ergebnisse in Isodosenkurven

Zur leichteren Übersicht ist für jede Feldgröße und für jede Aufstellungsart zusätzlich eine graphische Darstellung angefertigt (Abb.9-32). Aus diesen geht die Lagebeziehung Phantom - Röntgenapparat zu den einzelnen Meßpunkten hervor. Die Ortsdosen sind in Isodosenkurven dargestellt. Es wurden folgende Ortsdosen eingezeichnet:

0,1 mR, 0,05 mR, 0,02 mR, 0,01 mR und 0,005 mR.

Bei Bedarf wurde noch eine Isodosenkurve hinzugefügt oder weggelassen, um die Übersichtlichkeit zu erhalten. Aus diesen Darstellungen ist leicht die Dosisverteilung zu erkennen. Sie zeigen auf den ersten Blick, welcher Standort im Hinblick auf die Gonaden des Zahnarztes günstig ist und welcher nicht.

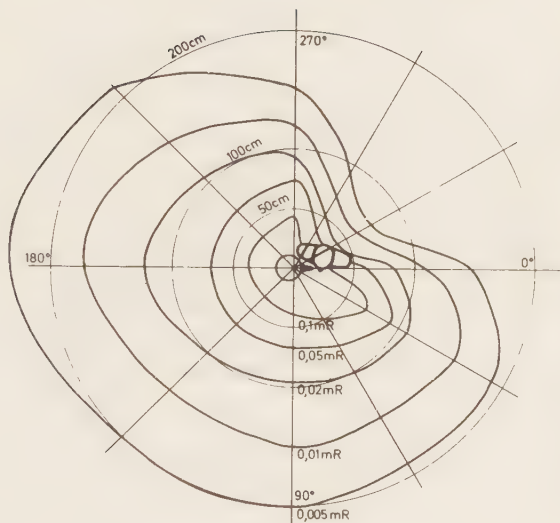
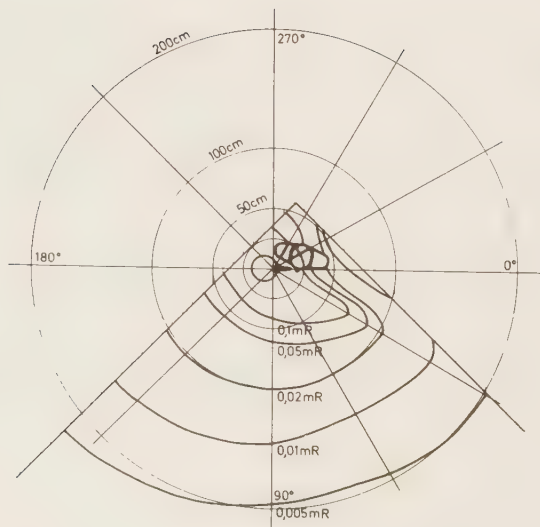
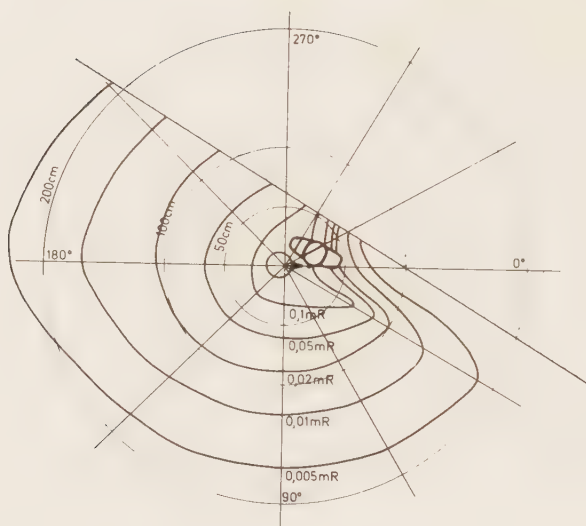


Abb.9 zeigt die Ortsdosisverteilung - dargestellt in Iso-dosenkurven - bei Verwendung eines Röntgenapparates mit 60 kV Röhrenspannung (Siemens Röntgenkugel A) mit Kurztubus und einer Einblendung des Strahlenkegels auf 3,5 cm $\varnothing$. Die auftretenden Ortsdosen beziehen sich auf eine gestrahlte und an der Tubusspitze gemessene Dosis von 1 R (= Hautoberflächendosis). Der Röntgenapparat steht in der "Raummitte". Ferner ist schematisch die Lagebeziehung des Röhrengehäuses mit Tubus zum Phantom dargestellt.

Abb.10 (rechts oben) zeigt die Ortsdosisverteilung bei der Aufstellung desselben Röntgenapparates an einer Seitenwand. Die technischen Daten sind unverändert.

Abb.11 (rechts unten) zeigt die Ortsdosisverteilung bei der Aufstellung des oben angeführten Röntgenapparates in einer Raumecke. Die technischen Daten sind unverändert.



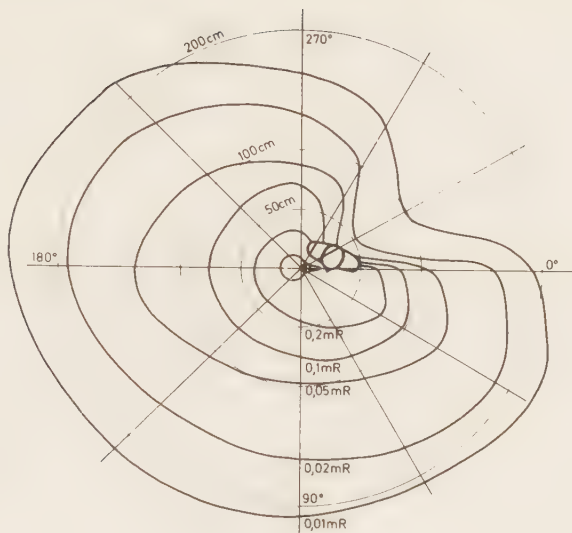
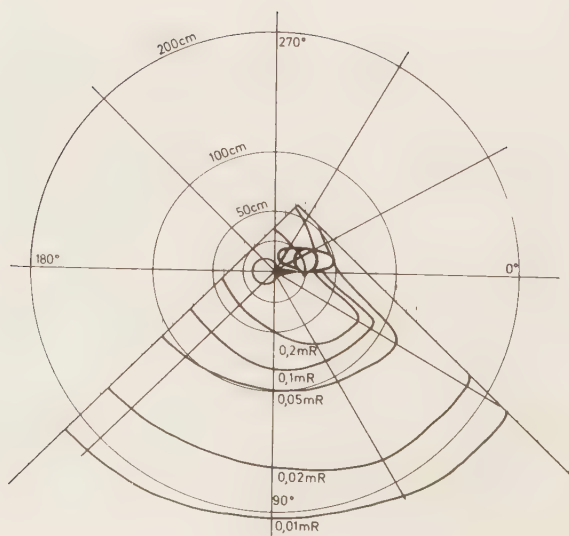
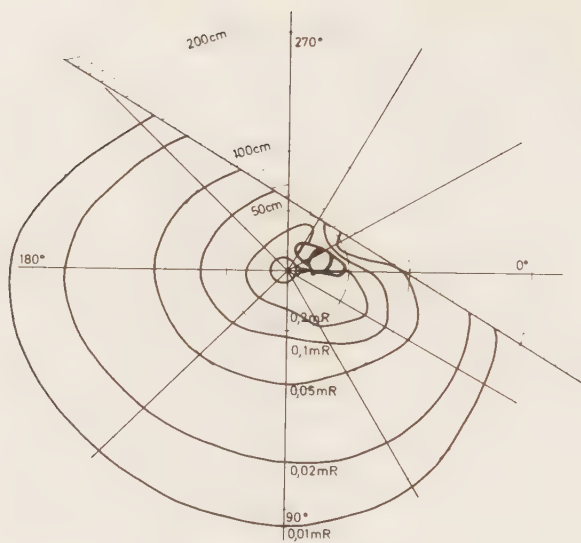


Abb.12 zeigt die Ortsdosisverteilung - dargestellt in Iso-dosenkurven - bei Verwendung eines Röntgenapparates mit 60 kV Röhrenspannung (Siemens Röntgenkugel A) mit Kurztubus und einer Einblendung des Strahlenkegels auf 6.0 cm $\varnothing$. Die auftretenden Ortsdosen beziehen sich auf eine gestrahlte und an der Tubusspitze gemessene Dosis von 1 R (= Hautoberflächendosis). Der Röntgenapparat steht in der "Raummitte". Ferner ist schematisch die Lagebeziehung des Röhrengehäuses mit Tubus zum Phantom dargestellt.

Abb.13 (rechts oben) zeigt die Ortsdosisverteilung bei der Aufstellung desselben Röntgenapparates an einer Seitenwand. Die technischen Daten sind unverändert.

Abb.14 (rechts unten) zeigt die Ortsdosisverteilung bei der Aufstellung des oben angeführten Röntgenapparates in einer Raumecke. Die technischen Daten sind unverändert.



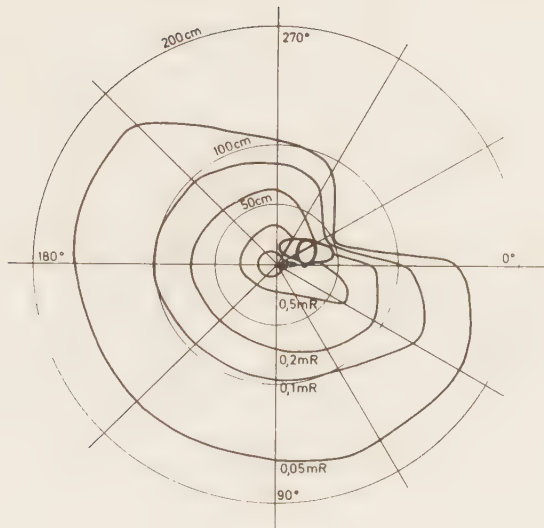
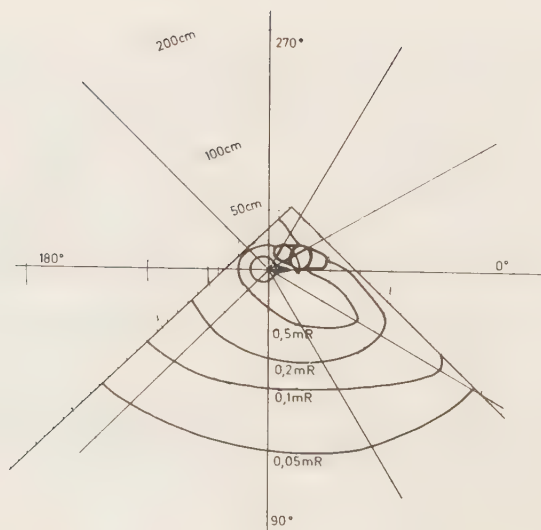
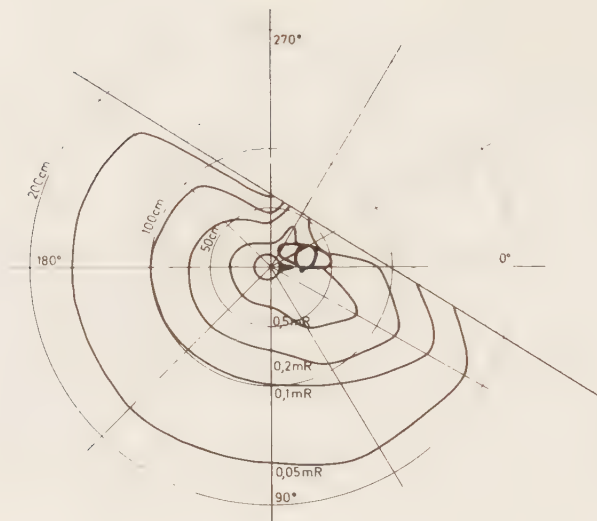


Abb.15 zeigt die Ortsdosisverteilung - dargestellt in Iso-dosenkurven - bei Verwendung eines Röntgenapparates mit 60 kV Röhrenspannung (Siemens Röntgenkugel A) mit Kurztubus und einer Einblendung des Strahlenkegels auf 9,0 cm $\varnothing$. Die auftretenden Ortsdosen beziehen sich auf eine gestrahlte und an der Tubusspitze gemessene Dosis von 1 R (= Hautoberflächendosis). Der Röntgenapparat steht in der "Raummitte". Ferner ist schematisch die Lagebeziehung des Röhrengehäuses mit Tubus zum Phantom dargestellt.

Abb.16 (rechts oben) zeigt die Ortsdosisverteilung bei der Aufstellung desselben Röntgenapparates an einer Seitenwand. Die technischen Daten sind unverändert.

Abb.17 (rechts unten) zeigt die Ortsdosisverteilung bei der Aufstellung des oben angeführten Röntgenapparates in einer Raumecke. Die technischen Daten sind unverändert.



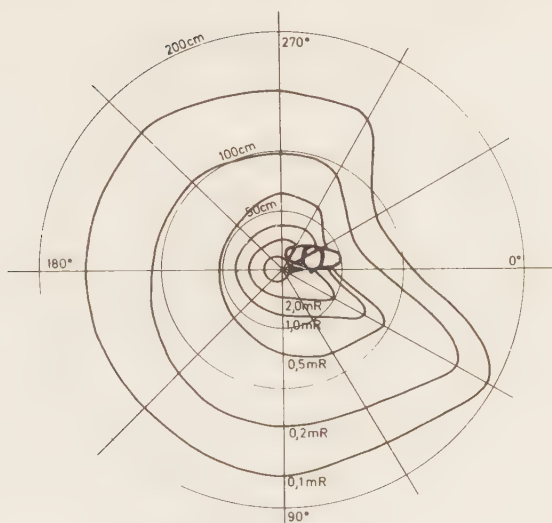
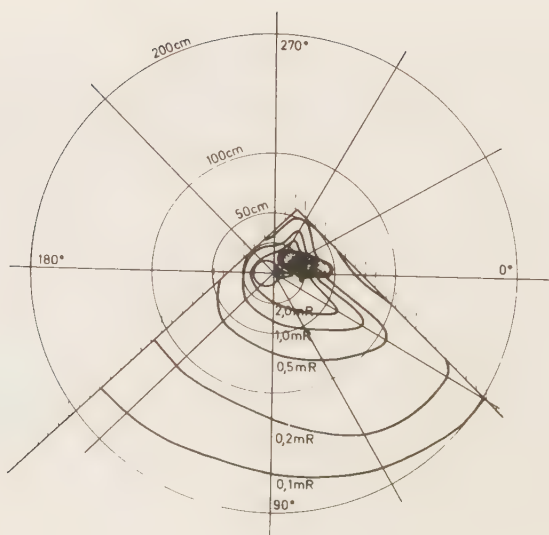
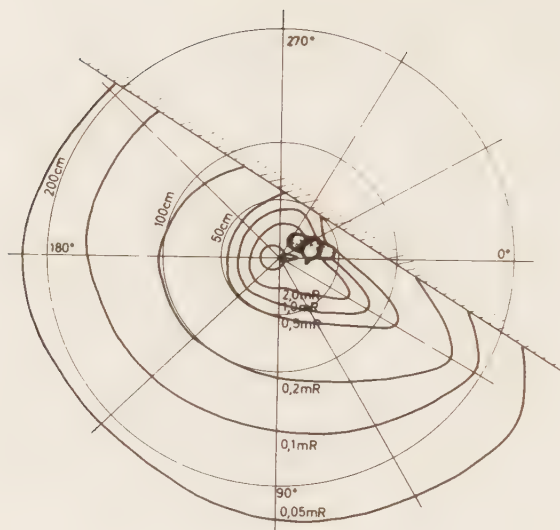


Abb.18 zeigt die Ortsdosisverteilung - dargestellt in Iso-dosenkurven - bei Verwendung eines Röntgenapparates mit 60 kV Röhrenspannung (Siemens Röntgenkugel A) mit Kurztubus und einer Einblendung des Strahlenkegels auf 15 cm ϕ . Die auftretenden Ortsdosen beziehen sich auf eine gestrahlte und an der Tubusspitze gemessene Dosis von 1 R (= Hautoberflächendosis). Der Röntgenapparat steht in der "Raummitte". Ferner ist schematisch die Lagebeziehung des Röhrengehäuses mit Tubus zum Phantom dargestellt.

Abb.19 (rechts oben) zeigt die Ortsdosisverteilung bei der Aufstellung desselben Röntgenapparates an einer Seitenwand. Die technischen Daten sind unverändert.

Abb.20 (rechts unten) zeigt die Ortsdosisverteilung bei der Aufstellung des oben angeführten Röntgenapparates in einer Raumecke. Die technischen Daten sind unverändert.



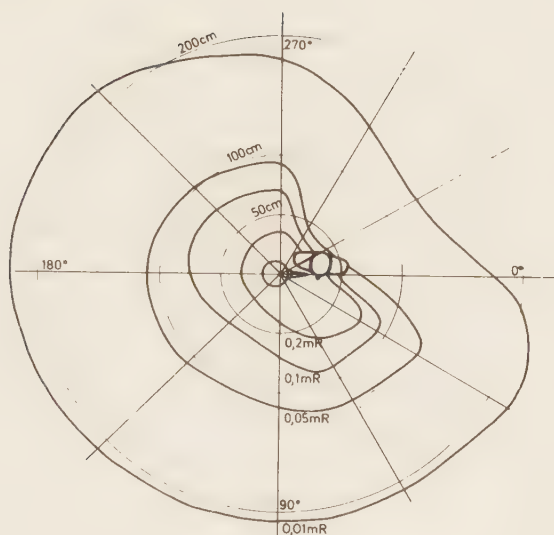
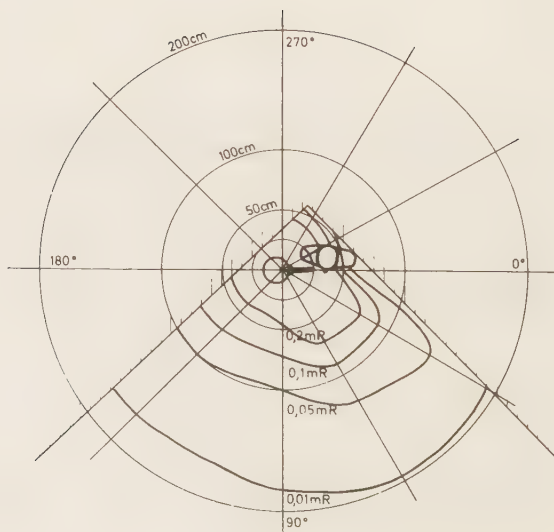
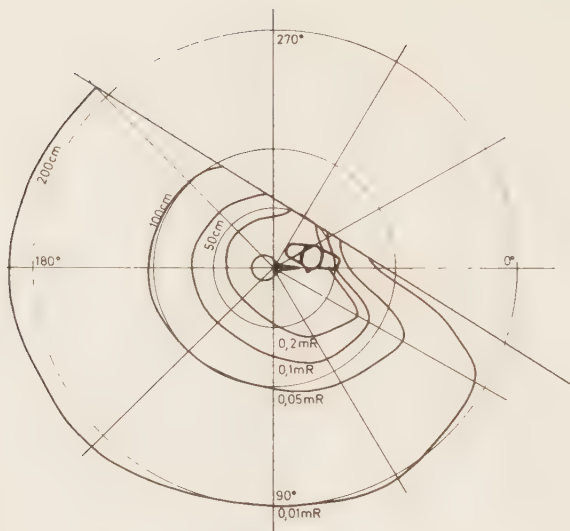


Abb.21 zeigt die Ortsdosisverteilung - dargestellt in Iso-dosenkurven - bei Verwendung eines Röntgenapparates mit 60 kV Röhrenspannung (Siemens Röntgenkugel A) mit Langtubus und einer Einblendung des Strahlenkegels auf 6,0 cm $\varnothing$. Die auftretenden Ortsdosen beziehen sich auf eine gestrahlte und an der Tubusspitze gemessene Dosis von 1 R (= Hautoberflächendosis). Der Röntgenapparat steht in der "Raummitte". Ferner ist schematisch die Lagebeziehung des Röhrengehäuses mit Tubus zum Phantom dargestellt.

Abb.22 (rechts oben) zeigt die Ortsdosisverteilung bei der Aufstellung desselben Röntgenapparates an einer Seitenwand. Die technischen Daten sind unverändert.

Abb.23 (rechts unten) zeigt die Ortsdosisverteilung bei der Aufstellung des oben angeführten Röntgenapparates in einer Raumecke. Die technischen Daten sind unverändert.



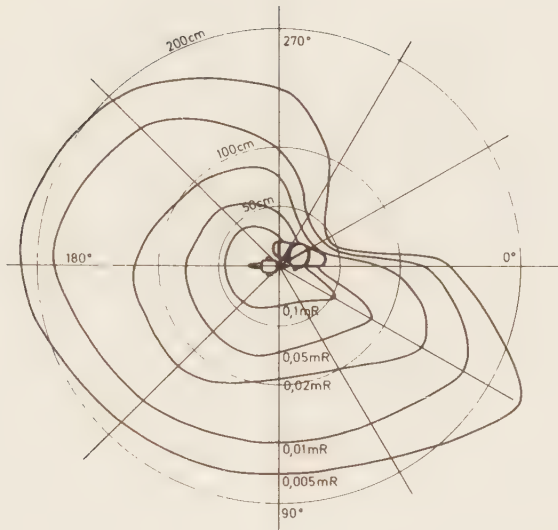
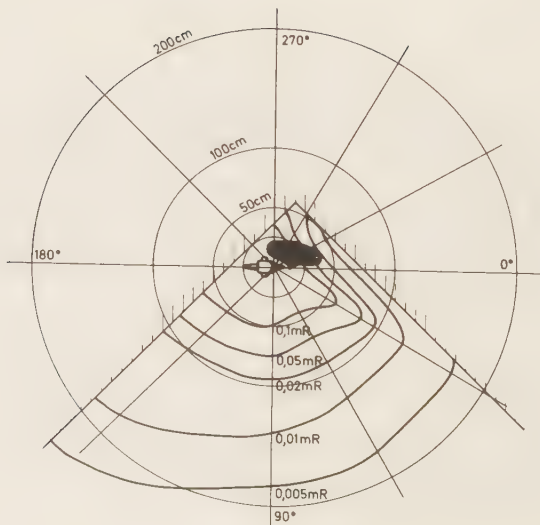
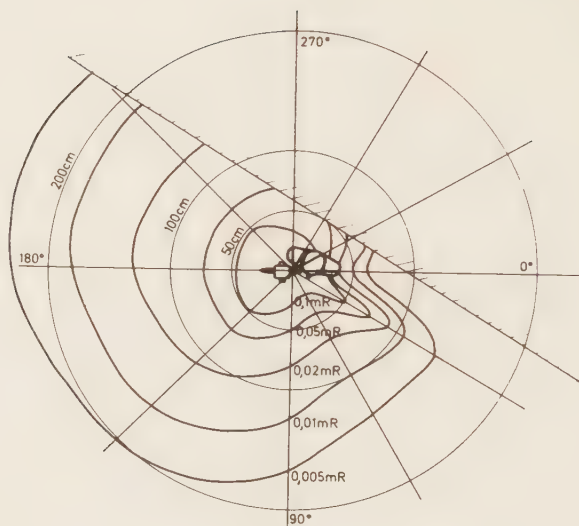


Abb.24 zeigt die Ortsdosisverteilung - dargestellt in Iso-dosenkurven - bei Verwendung eines Röntgenapparates mit 50 kV Röhrenspannung (Müller Oralix) mit Kurztubus und einer Einblendung des Strahlenkegels auf 3,5 cm $\varnothing$. Die auftretenden Ortsdosen beziehen sich auf eine gestrahlte und an der Tubusspitze gemessene Dosis von 1 R (= Hautoberflächendosis). Der Röntgenapparat steht in der "Raummitte". Ferner ist schematisch die Lagebeziehung des Röhrengehäuses mit Tubus zum Phantom dargestellt.

Abb.25 (rechts oben) zeigt die Ortsdosisverteilung bei der Aufstellung desselben Röntgenapparates an einer Seitenwand. Die technischen Daten sind unverändert.

Abb.26 (rechts unten) zeigt die Ortsdosisverteilung bei der Aufstellung des oben angeführten Röntgenapparates in einer Raumecke. Die technischen Daten sind unverändert.



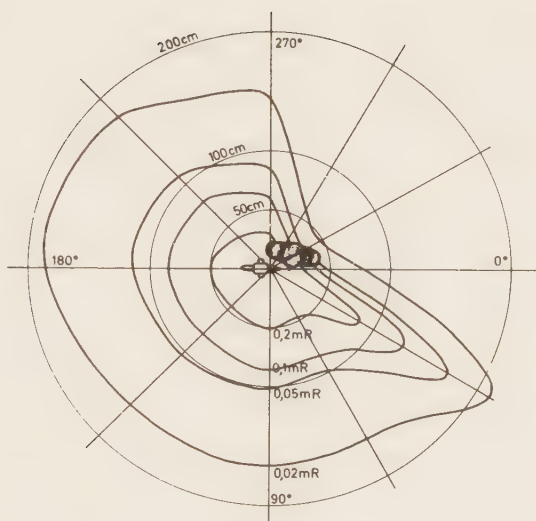
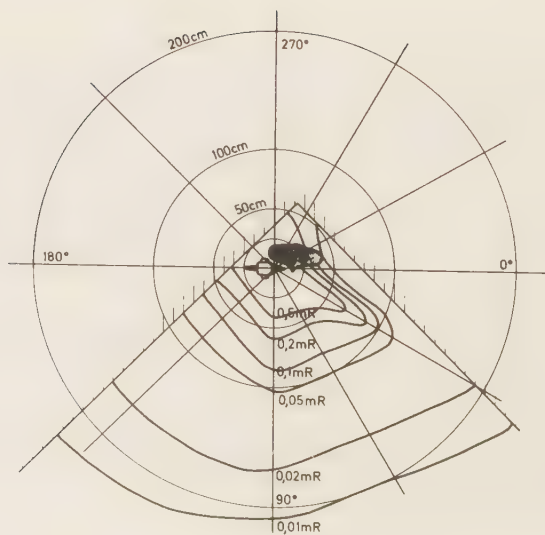
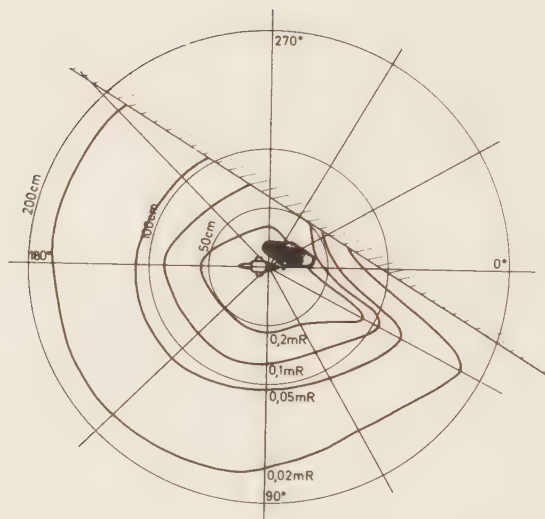


Abb.27 zeigt die Ortsdosisverteilung - dargestellt in Iso-dosenkurven - bei Verwendung eines Röntgenapparates mit 50 kV Röhrenspannung (Müller Oralix) mit Kurztubus und einer Einblendung des Strahlenkegels auf 6,0 cm Ø. Die auftretenden Ortsdosen beziehen sich auf eine gestrahlte und an der Tubusspitze gemessene Dosis von 1 R (= Hautoberflächendosis). Der Röntgenapparat steht in der "Raummitte". Ferner ist schematisch die Lagebeziehung des Röhrengehäuses mit Tubus zum Phantom dargestellt.

Abb.28 (rechts oben) zeigt die Ortsdosisverteilung bei der Aufstellung desselben Röntgenapparates an einer Seitenwand. Die technischen Daten sind unverändert.

Abb.29 (rechts unten) zeigt die Ortsdosisverteilung bei der Aufstellung des oben angeführten Röntgenapparates in einer Raumecke. Die technischen Daten sind unverändert.



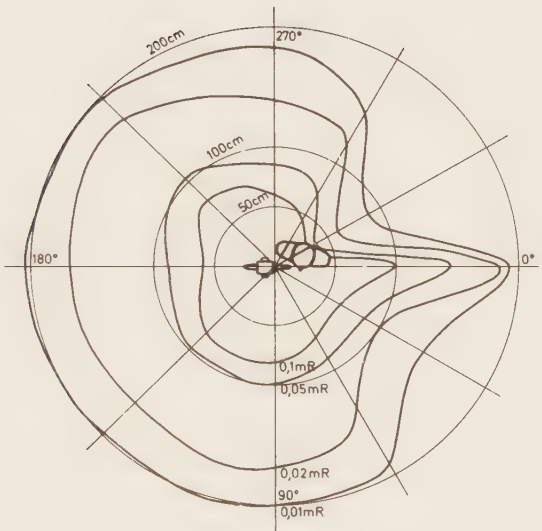
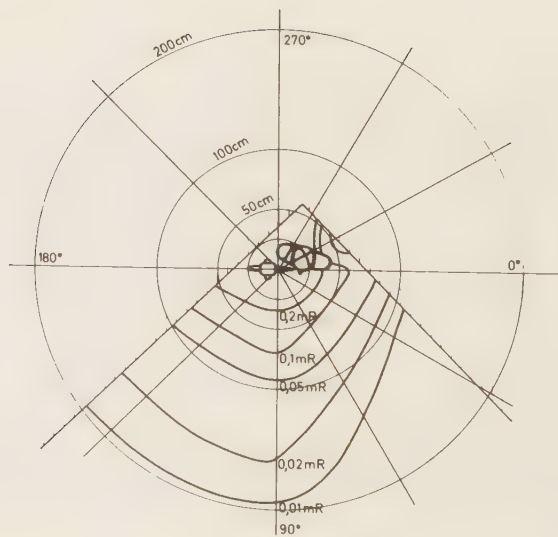
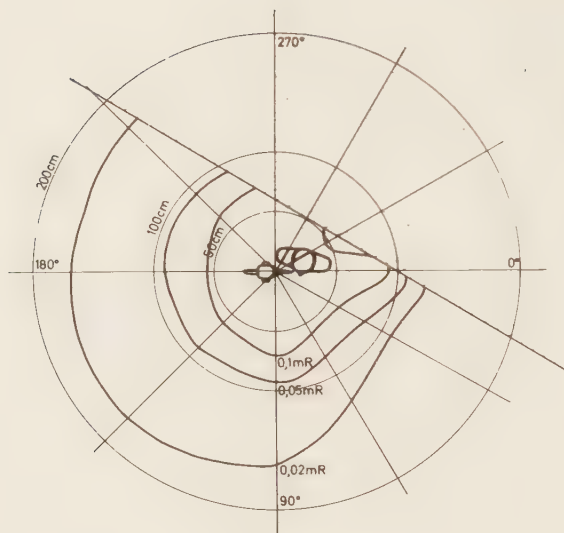


Abb.30 zeigt die Ortsdosisverteilung - dargestellt in Iso-dosenkurven - bei Verwendung eines Röntgenapparates mit 50 kV Röhrenspannung (Müller Oralix) mit Langtubus und einer Einblendung des Strahlenkegels auf 6,0 cm $\varnothing$. Die auftretenden Ortsdosen beziehen sich auf eine gestrahlte und an der Tubusspitze gemessene Dosis von 1 R (= Hautoberflächendosis). Der Röntgenapparat steht in der "Raummitte". Ferner ist schematisch die Lagebeziehung des Röhrengehäuses mit Tubus zum Phantom dargestellt.

Abb.31 (rechts oben) zeigt die Ortsdosisverteilung bei der Aufstellung desselben Röntgenapparates an einer Seitenwand. Die technischen Daten sind unverändert.

Abb.32 (rechts unten) zeigt die Ortsdosisverteilung bei der Aufstellung des oben angeführten Röntgenapparates in einer Raumecke. Die technischen Daten sind unverändert.



3.3.4 Beziehung zu festgelegten Dosiswerten wie Kontroll- und Überwachungsbereich

Der Begriff des Überwachungs- und Kontrollbereiches (über 0,15 R/Jahr bzw. über 1,5 R/Jahr) wurde aus Strahlenschutzgründen eingeführt und gilt streng genommen nur für den Umgang mit radioaktiven Stoffen, während diese Einteilung bei Röntgenanlagen nicht zur Anwendung kommt. Die in Bearbeitung befindliche neue Strahlenschutzverordnung läßt jedoch diese Abgrenzung für den diagnostischen Bereich erwarten. Dies ist in den Tabellen 10 und 11 (siehe Anhang) berücksichtigt. Sie zeigen ferner, wieviele Aufnahmen bzw. wieviele Sekunden an den verschiedenen Meßpunkten belichtet werden darf, um die für beruflich strahlenexponierte Personen höchstzulässige und von der ICRP empfohlene Dosis von 0,1 R/Woche nicht zu überschreiten.

Tabelle 10 zeigt die Angaben für ein Röntgengerät mit 60 kV, 10 mA (Siemens Röntgenkugel A) bei einer Feldgröße von 6 cm Durchmesser. Tabelle 11 zeigt die Werte für den Röntgenapparat Müller Oralix (50 kV, 7 mA). Ausgegangen wurde bei beiden von einer Aufstellung in Raummitte.

Die mögliche Anzahl der Aufnahmen, bis 0,1 R, 0,15 R und 1,5 R an den verschiedenen Meßpunkten erreicht werden, wurde errechnet. Zugrundegelegt wurde eine Dosis von 1,5 R pro Aufnahme (an der Tubusspitze gemessen), da dieser Wert nach der Röpak-Statistik die durchschnittlich verabreichte Dosis/Aufnahme darstellt.

4. Diskussion der Ergebnisse und Schlußfolgerungen

4.1 Vergleich der eigenen Messungen mit den Ergebnissen anderer Autoren

Bevor man versucht, die Ergebnisse kritisch zu betrachten, sei zunächst noch einmal ein Vergleich mit den Ergebnissen anderer Autoren - siehe Tabelle 1 - angestellt.

Es fällt in dieser Untersuchung, im Gegensatz zu den anderen Autoren auf, daß die Werte von 0° - 180° bei Feldgrößen bis 6 cm $\varnothing$ ansteigen und erst bei Feldgrößen darüber weisen die 0° -Werte die höheren Dosen auf. Die Ursache dieser Abweichung dürfte in erster Linie darin liegen, daß hier im Gegensatz zu den meisten anderen Autoren nicht horizontal belichtet wurde, sondern in einem Winkel von $+ 30^{\circ}$ (Einstellung oberer Molar). Außerdem liegt der Fokus in 1,10 Meter Höhe, während die Meßkammern alle in 80 cm Höhe (Gonadenhöhe des stehenden Zahnarztes) in einem Kreis um die Lotrechte Fokus - Boden als Mittelpunkt angeordnet sind. Daraus ergibt sich zwangsläufig vor allem bei 180° zum Zentralstrahl ein höherer Meßwert, da die Meßkammern nicht im Gehäuseschatten des Röntgengerätes liegen, d.h., daß die Ergebnisse für 180° generell wesentlich höher liegen müssen. RICHARDS (17) weist z.B. darauf hin, daß die Werte für 180° in der Meßebeine ein Minimum darstellen, da sie im Gehäuseschatten liegen. Ist die Richtung des Zentralstrahles nicht mit der Meßebeine identisch, so daß der Zentralstrahl über oder unter der Meßebeine liegt, so steigen die Dosiswerte bis auf das 10-fache an. Die Tatsache, daß bei Feldgrößen über 6 cm der 0° -Wert am höchsten ist, beruht darauf, daß die Meßkammern noch direkt oder in unmittelbarer Nähe des Nutzstrahlenkegels liegen. Vergleicht man nun die Meßergebnisse im Einzelnen, so liegt bei 50 und 60 kV und einem Feld von 6 cm der gefundene Wert bei 0° um ca. 1/3 niedriger und der bei 90° um ca. 1/3 höher

als der von WENZEL (28) angegebene Wert. Bei einem Feld von 9 cm (60 kV) besteht praktisch Übereinstimmung mit den Ergebnissen von WENZEL (28) (0,407 : 0,4 und 0,17 : 0,15 mR/sec). Der Unterschied im ersten Fall dürfte durch die andere Versuchsanordnung bedingt sein.

Der von RICHARDS (17) bei einem Feld von 6,88 cm Durchmesser in einem Abstand von 1,0 m im Zentralstrahl ermittelte Wert von 0,463 mR/sec dürfte etwas sehr hoch sein. Aber

1. arbeitet sein verwendetes Röntgengerät mit einer um 5 kV höheren Röhrenspannung
2. mißt er in 90 cm Abstand
3. beträgt die Feldgröße 6,88 statt 6,0 cm und
4. kann er wie auch HEISS (6), der bei einem Feld von 9 cm an der Tubusspitze annähernd doppelt so große Werte, nämlich statt 0,4 - 0,9 und statt 0,17 - 0,28 mR/sec, gemessen hat, geltend machen, daß bei Verwendung eines Phantoms mit Wachsweichteilen die Strahlung gegenüber einem lebenden Kopf verdoppelt wird (RICHARDS (17)).

Dagegen liegen die von ILG (7) bei 90° gemessenen 0,0138 mR/sec um 1/3 (zu WENZEL (28), Müller Oralix Blende 2) bis sogar 1/20 (zu HEISS (6)) niedriger als alle übrigen Meßergebnisse. ILG (7) macht allerdings keinerlei Angaben über Röhrenspannung, Röhrenstrom, Feldgröße, Fokus-Haut-Abstand und Meßobjekt. Auch die Werte von LOVETT (11) mit ca. 0,11 mR/sec in 90° zum Zentralstrahl scheinen zu niedrig, arbeitet er doch mit einer Feldgröße von 12 cm und mißt in ca. 60 cm Abstand von der Röhre. Sein gefundener Wert ist allerdings nicht direkt mit den übrigen Ergebnissen zu vergleichen, da er bei Praxisbetrieb, d.h. bei verschiedenen Winkeleinstellungen jeweils in 90° zum Zentralstrahl gemessen hat. Unverständlich ist trotz ganz exakter Angaben der sehr kleine Meßwert von WAINWRIGHT (27) 0,0024 mR/MA.s bei 0° . Selbst wenn man diesen Wert mit

10 bzw. 15 multipliziert (mA-Zahl), ist er noch immer um mindestens $1/3$ kleiner als in dieser Arbeit der entsprechende Wert bei der Siemenskugel A und einem Feld von 6 cm $\varnothing$. Zusammenfassend läßt sich bei einer Feldgröße über 6 cm durchaus eine weitgehende Übereinstimmung mit den meisten anderen Autoren feststellen. Die Abweichungen bei Feldgrößen bis 6 cm sind größtenteils durch die andere Versuchsanordnung bedingt, die bei den größeren Feldern kaum mehr ins Gewicht fällt.

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich ist, sind die 90° -Werte am besten mit den bisherigen Ergebnissen zu vergleichen, da bei 90° zum Zentralstrahl die Tubusneigung von $+ 30^{\circ}$ zur Horizontalen nur wenig ausmacht, während die vorliegenden 180° -Werte aus demselben Grund mit den Werten anderer Autoren nicht vergleichbar sind.

Bei 330° dürfte es in der Praxis nicht so günstig aussehen, wie es die Kurven und Tabellen erscheinen lassen. Denn nur eine geringe Drehung des Tubus oder auch des Patientenkopfes kann einen starken Anstieg gerade dieses Wertes bewirken. Dasselbe gilt in gleichem Maße natürlich auch für die Werte von 0° bzw. 30° , bei denen nur geringe Winkelabweichungen eine große Dosisänderung bewirken.

Vergleicht man diese Ortsdosiskurven mit denen von WENZEL (28), so fehlt bei unserer Untersuchung die bei WENZEL typische Schmetterlingsform. Ursache dafür sind in erster Linie die durch die Versuchsanordnung (30° -Neigung) bedingten hohen Werte bei 180° . Außerdem dürfte die andere Form des Phantoms bei WENZEL noch eine Rolle spielen.

4.2 Abhängigkeit der Ortsdosis von der Entfernung Fokus - Meßpunkt

Betrachten wir nun aber die ermittelten Werte im Einzelnen, so ergibt sich beim Vergleich der Werte bei 0,5 1,0 und 2,0 m, daß die Werte bis 1,0 m nicht dem Abstandsgesetz folgen, und zwischen 1 und 2 m nur annähernd dem Abstandsgesetz entsprechen. Ursache dafür ist, daß die Streustrahlung nicht von einer punktförmigen Strahlenquelle ausgeht, da das Phantom die Hauptstreustrahlenquelle darstellt. Weiterhin fällt auf, daß die Werte bei 0° , 1 m relativ hoch sind im Vergleich zu 0° 0,5 m (vor allem bei Feldgrößen über 6 cm), was damit zusammenhängt, daß die Meßebene nicht parallel zum Strahlenkegel liegt.

4.3 Die Ortsdosis in Abhängigkeit von der Feldgröße, Röhrenspannung und dem Winkel zum Zentralstrahl

Vergleicht man die gefundenen Ortsdosen bei einem Fokus-Meßpunkt-Abstand von 1 m und verschiedenen Feldgrößen an der Tubusspitze bei Aufstellung des Röntgengerätes in Raummittle, so ergibt sich (siehe Tab.2-9):

Siemens-Röntgenkugel A
Kurzfokus - 60 kV

Winkel zum Zentralstrahl		0°	90°	180°	
Feldgröße	3,5 cm	0,016	0,033	0,052	mR/sec
	6,0 cm	0,087	0,094	0,135	"
	9,0 cm	0,407	0,170	0,223	"
	15,0 cm	0,564	0,505	0,394	"

Bei der Siemenskugel zeigt sich im Winkel 0° von 3,5 auf 6,0 cm Felddurchmesser ein 5-facher Ortsdosisanstieg. Ebenso fast wieder der 5-fache Wert ergibt sich von 6 auf 9 cm Felddurchmesser (also das 25-fache von 3,5 cm Durchmesser). Während der Anstieg von 9 auf 15 cm Durchmesser nur mehr ein Drittel des Wertes bei 9 cm ausmacht (= 35-faches der Dosis bei 3,5 cm Felddurchmesser).

Bei 90° und 180° beträgt der Anstieg von 3,5 auf 6 cm Felddurchmesser nur mehr ca. das 3-fache, und von 6 auf 9 cm sogar nicht mehr ganz das Doppelte (5 - 6-facher Wert von 3,5 cm). Die letzten Zahlen (bei 90° und 180°) stimmen fast genau mit den Ergebnissen von ARDRAN und CROOKS (1) überein, die darauf hinweisen, daß bei einer Feldgröße von 2 Zoll (5 cm) $\emptyset$ an der Tubusspitze nur $2/3$ der Strahlung auftritt als bei einem Feld von $2\frac{1}{2}$ Zoll (6,25 cm), und nur $1/6$ der Dosis als bei einer Feldgröße von 5 Zoll (12,5 cm).

Dies unterstreicht die Richtigkeit der Feststellung, daß die Ortsdosis im Winkel von 90° annähernd proportional der Feldgröße ansteigt (SMITH (19)).

Beim Müller Oralix

Kurztubus - 50 kV

Fokus-Meßpunkt-Abstand 1 m

Aufstellung Raummitte

Winkel zum Zentralstrahl		0°	90°	180°
Feldgröße	3,5 cm	0,009	0,018	0,024 mR/sec
	6,0 cm	0,052	0,064	0,083 "

steigt die Ortsdosis bei 0° von 3,5 cm auf 6 cm Felddurchmesser fast um das 6-fache, während der Anstieg bei 90° und 180° nur mehr das ca. $3\frac{1}{2}$ -fache beträgt. Der etwas höhere Anstieg beim Müller Oralix dürfte durch dessen extrafokale Strahlung bedingt sein, die man bei geringen

Dosen zwar vernachlässigen kann, die aber bei höheren Dosen doch noch einen Dosisbeitrag bringt und zusätzlich den Felddurchmesser vergrößert.

Insgesamt zeigt dieser Vergleich, daß die Ortsdosis weitgehend unabhängig von der kV-Zahl, wenigstens in dem von uns verwendeten Energiebereich ist und nur proportional der Feldgröße ansteigt.

4.4 Der Standort des Zahnarztes während der Belichtung

RICHARDS (17), JUNG (8), V.RECKOW (12) und SONNABEND (20) empfehlen, sich möglichst in 2 m Abstand hinter der Röhre, also vor dem Patienten aufzustellen. (In diesem Falle dürfte es gleichgültig sein, ob man von einem Abstand zur Röhre oder von einem Abstand zum Patienten spricht, da nach RICHARDS (15) der Kopf des Patienten die Hauptstreustrahlenquelle ist.) Dieses "Vor dem Patienten Aufstellen" bedeutet je nach Aufnahmeart die Möglichkeit, sich von 45° bis 135° (s.Abb.3-6) zum Zentralstrahl bei der Aufnahme eines oberen Molaren und von ca. 135° - 225° bei Schneidezahnaufnahmen hinstellen zu können. Falls diese Aufstellungsmöglichkeit im Abstand von 2 m vor dem Stuhl - was aber in den seltensten Fällen räumlich möglich sein wird - gegeben ist, so spielen Empfehlungen wie "vor dem Patienten" praktisch keine Rolle mehr. Da in sehr vielen Fällen - abgesehen von den 14,3 % der Zahnärzte, die einen eigenen Röntgenraum besitzen - der Behandlungsstuhl kurz vor dem Fenster des Praxisraumes aufgestellt sein dürfte, werden dort auch die Röntgenaufnahmen vorgenommen. Die relativ hohen Zahlen für die Aufstellung des Röntgen-Apparates an der Seite und in der Ecke des Raumes bringen in sofern ein falsches Bild, als viele Zahnärzte den Standplatz ihres fahrbaren Röntgengerätes "in Ruhe" angegeben haben. Da sehr viele Zahnärzte die Aufnahme am Behandlungs-

stuhl vornehmen, dürfte es oft nicht möglich sein, sich 2 m vor dem Patienten aufzustellen. Nehmen wir einmal an, daß nur ein Abstand von 1 m zum Patienten eingehalten werden kann, dann würden nach diesen Ergebnissen für eine Aufnahme eines oberen Molaren z.B. mit der Siemenskugel A (60 kV) bei einem Feld von 6 cm, den bei ca. 45° zum Zentralstrahl stehenden Zahnarzt, eine Dosisleistung von ca. 0,125 mR/sec treffen, bei 135° wären es 0,1 mR/sec.

Mit diesem Beispiel sei nur angedeutet, daß die Empfehlung, sich vor den Patienten zu stellen, nur dann sinnvoll ist, wenn auch wirklich ein Abstand von 2 m eingehalten werden kann. Dasselbe gilt auch für die von ILG (7) in 2 m Entfernung und 90° zum Zentralstrahl empfohlene "Standardstellung", für die er eine Ortsdosis von 0,01 mR/sec angibt. RICHARDS (17) fand bei 65 kV Röhrenspannung für 90° und 6 Fuß (= 180 cm) eine Ortsdosis von 0,026 mR/sec. Er hält allerdings die Aufstellung des Zahnarztes direkt hinter dem Röntgengehäuse für sicherer, was nach unserer Versuchsanordnung nicht behauptet werden kann. RICHARDS hat aber mit dieser Feststellung, zumindest was die Dosis in Gonadenhöhe betrifft, nicht Unrecht, wenn es sich um Aufnahmen mit horizontaler Einstellung des Tubus bzw. sogar mit negativer Gradeinstellung handelt, wie es bei Aufnahmen des Unterkiefers oder bei Flügelbißaufnahmen der Fall ist.

Betrachtet man die vorliegenden Ergebnisse, so finden sich bei sämtlichen Feldgrößen und bei beiden Geräten bei der Aufstellung des Röntgen-Apparates in Raummitte die geringsten Ortsdosen bei 270° (sowie 300° und 330°) zum Zentralstrahl. Danach ist die sicherste Position für den Zahnarzt bzw. sein Personal bei einer Oberkiefermolarenaufnahme im rechten Winkel zum Zentralstrahl hinter dem Patienten. Zusätzlich sollte der Zahnarzt einen möglichst großen Abstand von mindestens 2 Metern einhalten.

Der nächste noch günstige Standpunkt liegt bei 90° zum Zentralstrahl vor dem Patienten. Er könnte als Standort immer dann in Frage kommen, wenn der Röntgenapparat fest im Eck oder an einer Seitenwand installiert ist.

Generell kann man kaum sagen, der Zahnarzt muß sich in einem Winkel von 270° oder von 90° zum Zentralstrahl hinstellen, da es durchaus möglich sein kann, daß aus räumlichen Gründen weder das eine noch das andere realisierbar ist. (Durch die "Ergonomie-Bestrebungen" dürfte die Frage der Raumein- bzw. Raumaufteilung in Zukunft immer größere Bedeutung gewinnen. Die neuen Konzepte des Teamwork am Patienten und die neuen griffgünstigen Einrichtungen ("Atrium-Konzept") machen den Raum um den zahnärztlichen Behandlungsstuhl zu einer abgeschlossenen Einheit.) Man kann dem Zahnarzt empfehlen, sich die Tabellen 2 - 9 oder Abbildungen 9 - 32 mit den verschiedenen Dosiswerten bei entsprechenden Winkelgraden im Hinblick auf seine räumlichen Verhältnisse anzuschauen. Er kann sich dann selbst einen Überblick verschaffen, welchen Abstand(!) von der Röntgenröhre er für seinen gewählten Standort (in Graden zum Zentralstrahl) einhalten muß, d.h. es kann eventuell durchaus möglich sein, daß er bei ungünstiger Stellung während der Aufnahme noch mehr als 2 Meter Abstand halten und somit vielleicht sogar das Kabel zu seiner Zeituhr verlängern lassen sollte. (Als Grundregel kann gelten: kann eine als günstig erachtete Position zum Zentralstrahl nicht eingenommen werden, muß der Abstand zum Fokus bei der Belichtung vergrößert werden.)

4.5 Aufstellung des Röntgengerätes im Raum

Da bei obiger Diskussion der Position des Zahnarztes während einer Röntgenaufnahme das Thema der Röntgenapparat-aufstellung schon angeschnitten wurde, sei gleich ein Vergleich zwischen den möglichen Aufstellungsarten angeschlossen.

V.RECKOW (12) und GÜNTHER (4) halten eine Aufstellung des Röntgengerätes in Raummitte für ungünstig, weil dabei der Strahlenkegel große Flächen des Raumes überstreicht. Günstiger beurteilen diese Autoren eine Aufstellung an der Seitenwand. Für die beste Position des Röntgenapparates halten sie jedoch eine Raumecke, da bei Belichtungen im Raumeck die im Schwenkbereich des Strahlenkegels liegenden Flächen am kleinsten sind.

Was die jeweils vom Strahlenkegel getroffenen Flächen betrifft, so muß den Autoren unbedingt Recht gegeben werden. Aber

1. kann bei der Aufstellung des Gerätes in der Ecke weder der von uns als günstig gefundene Standort 270° zum Zentralstrahl, noch bei annähernd horizontaler Einstellung die von RICHARDS (17) als sicherste Position betrachteten 180° eingenommen werden, und
2. wurden bei unseren Versuchen unabhängig von der jeweiligen Feldgröße bei jeweils gleichen Winkelgraden und gleicher Entfernung gerade bei der Aufstellung in der Ecke die höchsten Ortsdosen gemessen (siehe Tabellen 2-9).

Nach den vorliegenden Ergebnissen wäre deshalb die bessere Aufstellungsart die Raummitte, vor Seitenwand und Raumecke. SONNABEND und WENZEL (24) weisen in einer Untersuchung ebenfalls darauf hin.

Die Ursache dieser höheren Dosiswerte bei Aufstellung Ecke und auch Seitenwand dürfte der zusätzliche Streustrahlenanteil von der Wand sein. Daraus ergibt sich: Wenn der Röntgenapparat in der Ecke aufgestellt ist oder wird, dann müßte der Zahnarzt einen größeren Abstand von der Röntgenröhre einhalten, als er das etwa bei der Aufstellung des Röntgengerätes in Raummitte tun müßte.

Es sei jedoch darauf hingewiesen, daß jeder Zahnarzt entsprechend seinen räumlichen Verhältnissen den für seine Sicherheit günstigsten Standpunkt während einer Röntgenaufnahme an Hand der vorliegenden Kurven und Tabellen finden kann.

Wünschenswert ist jedoch ein eigener Raum, in dem hinter einer Schutzwand belichtet werden kann. Dadurch ist der Platzbedarf nicht sehr groß, und die ganzen Standortprobleme bei der Aufnahme können umgangen werden.

4.6 Anwendung auf den Überwachungs- bzw. Kontrollbereich

In den vorhergehenden Abschnitten wurden die bei Zahnaufnahmen in der Umgebung der Apparatur pro Aufnahme auftretenden Ortsdosen beschrieben. Im folgenden soll jetzt unter Berücksichtigung der für Überwachungs- und Kontrollbereiche zugelassenen Dosen festgestellt werden, wieviele Aufnahmen der Zahnarzt an den verschiedenen Meßpunkten machen, bzw. wieviele Sekunden er belichten darf, bis er die Grenze des Überwachungsbereiches oder sogar des Kontrollbereiches überschreitet.

JUNG (8) fand aufgrund seiner Ortsdosismessungen, daß bei 40 000 Aufnahmen und einer durchschnittlichen Belichtungszeit von 0,7 sec/Aufnahme die Grenze des Überwachungsbereiches bei 1,5 m liegt.

WENZEL (28) errechnete aus den höchsten Werten seiner Ortsdosismessungen in zahnärztlichen Praxen als größte Entfernung vom Fokus für den Überwachungsbereich 2,91 m, für den Kontrollbereich 0,92 m.

Bei vorliegender Untersuchung erscheint eine detaillierte Angabe über den Kontroll- und Überwachungsbereich nicht günstig, da bei feststehender Röhre gemessen wurde, und somit nicht die ganze Vielzahl von Einstellungen über längere Zeit berücksichtigt werden kann.

Betrachtet man jedoch ebenfalls die höchsten bei unserer Versuchsanordnung im Abstand von 1 m vom Fokus gefundenen Werte, so findet man bei 30° (Siemens Röntgenkugel A, 60 kV, Kurztubus, Feldgröße 6 cm) eine Dosisleistung von 0,155 mR/sec. Legt man eine Dosis von 1,5 R an der Tubusspitze/Aufnahme zugrunde, so ist die entsprechende Ortsdosis: $0,079 \text{ mR} \times 1,5 = 0,119 \text{ mR}$ (siehe Tab.10).

Um die Grenze des Kontrollbereiches von 1 m zu erreichen, müßten in diesem Fall 12 600 Aufnahmen angefertigt werden. Dabei würde die Überwachungsbereichsgrenze ca. 3 m vom Fokus entfernt beginnen. Legt man jedoch eine durchschnittliche Röntgentätigkeit von 1 250 Aufnahmen/Jahr (SONNABEND mündliche Mitteilung) zugrunde, so liegt die Grenze des Kontrollbereiches erst bei ca. 0,3 m und die des Überwachungsbereiches bei ca. 1 m vom Fokus entfernt.

Über die Anzahl von Aufnahmen, die bis zu der Überschreitung der Grenze zu diesen Bereichen an den verschiedenen Meßpunkten angefertigt werden können, geben die Tabellen 10 und 11 Auskunft.

Diese Zahlen dürften Maximalwerte darstellen, da

1. die Belichtungszeit für einen oberen Molaren am größten ist, und
2. die Winkeleinstellung des Tubus von $+ 30^\circ$ für die Röntgenortsdosis in Gonadenhöhe des Zahnarztes, falls er

nicht verbotenerweise bei der Röntgenaufnahme direkt beim Patienten stehen bleibt und vielleicht noch den Film selbst hält, am ungünstigsten ist.

Ob die geplante Abgrenzung von Kontroll- und Überwachungsbereich in der zahnärztlichen Praxis sinnvoll und möglich sein wird, ist, wie schon WENZEL und SONNABEND (24) betonen, sehr fraglich.

4.7 Auswirkung der Ortsdosis auf die Gonaden des Zahnarztes

Im Gegensatz zu allen anderen Autoren wurde in der vorliegenden Untersuchung die Meßebene auf 0,8 m Höhe = Gonadenhöhe des Zahnarztes verlegt, denn für ihn ist vor allem die in Gonadenhöhe auftretende Dosis wichtig. So mißt WENZEL (28) in 1,1 m Höhe und RICHARDS (17) sogar in 1,2 m Höhe, bei beiden ist die Meßebene in Fokushöhe und der Zentralstrahl horizontal ausgerichtet.

Die eigentliche Dosis am Scrotum des Zahnarztes dürfte jedoch etwas geringer sein als die entsprechenden Ortsdosen. Durch Kleidung tritt eine Verminderung ein, die jedoch hier beim Stehenden weniger als 49 %, wie SONNABEND (21) angibt, betragen dürfte, da er bei seinen Untersuchungen am sitzenden Patienten gemessen hat und durch die umliegenden Weichteile der Oberschenkel beim Sitzen eine größere Dosisabnahme auftritt. (Bei Frauen ist die Dosisreduktion ohnehin erheblich größer.)

4.8 Vergleich zwischen Lang- und Kurztubus

Zum Schluß bleibt noch die Gegenüberstellung von Lang- und Kurztubus. Vergleicht man wieder die Dosis in Fokus-Meßabstand 1 m bei Aufstellung des Gerätes in Raummitte und einer Feldgröße von 6 cm an der Tubusspitze, so findet man:

Siemens-Röntgenkugel A

Winkel zum Zentralstrahl	0°	90°	180°
Langtubus	0,028	0,039	0,046 mR/sec
Kurztubus	0,087	0,094	0,135 "

Müller Oralix

Langtubus	0,029	0,014	0,012 mR/sec
Kurztubus	0,052	0,064	0,083 "

Bei der Siemenskugel mit Kurztubus liegt die Ortsdosis in allen 3 Meßpunkten 0°, 90° und 180° um etwa 2/3 höher als die vergleichbaren Werte mit Langtubus, während beim Müller Oralix die Werte mit Kurztubus gegenüber dem Langtubus bei 0° 2×, bei 90° 4,5× und bei 180° gleich 7× höher sind. Dazu muß man allerdings erklärend sagen, daß die Dosisleistung bei einer Aufnahme mit einem Langtubus auch wesentlich geringer ist, nämlich bei der Siemenskugel um ca. 2/3, beim Müller Oralix ca. um 3/4. Das heißt, daß man diese gefundenen niedrigen Ortsdosen nicht als endgültige Ergebnisse der Ortsdosis bei Aufnahmen mit einem Langtubus ansehen kann, sondern daß man die Ortsdosiswerte mindestens mit dem Faktor 2 multiplizieren muß, da man entsprechend der geringen Dosisleistung auch ca. doppelt so lange als mit einem Kurztubus belichten muß. Trotz der doppelten Belichtungszeit ergibt sich bei der Verwendung eines Langtubus noch eine günstigere Röntgen Ortsdosis als bei Verwendung eines Kurztubus. Auch von diesem Gesichtspunkt aus ist die Verwendung eines Langtubus zu empfehlen.

4.9 Allgemeine Probleme

Die Fehlerbreite bei der Dosismessung mit Ionisationskammern liegt bei $\pm 15\%$. Die Versuchsanordnung wurde, wie beschrieben, so gewählt, daß die auftretenden Fehler so gering wie möglich sind. Der direkte Vergleich mit der zahnärztlichen Praxis ist etwas erschwert durch die mangelnde Genauigkeit der Handzeitschalter. Bei dieser Untersuchung wurde diese Schwierigkeit umgangen, da nur die effektive Dosis gemessen wurde, und somit der kritische Faktor - Belichtungszeit - keine Rolle spielt. In der zahnärztlichen Praxis ist dies aber von Bedeutung, da die Überprüfung von Handzeitschaltern ergeben hat, daß gerade der wichtige Bereich bis 1,0 sec Belichtung mit großer Ungenauigkeit abläuft. Es zeigte sich, daß die Belichtung teilweise doppelt so lang erfolgte, als der eingestellte Wert angibt. Dies ist besonders ungünstig, da die erforderlichen Belichtungszeiten sich durch die Fortschritte bei den Röntgenfilmen (höchstempfindliche Emulsionen) und durch optimale Dunkelkammertechnik heute im Bereich unter 1,0 sec bewegen. Man kann durchaus behaupten, daß die üblichen mechanischen Handzeitschalter den heutigen Bedürfnissen nur sehr unvollkommen gerecht werden. Aber erste Schritte zur Verbesserung wurden bereits durch elektronische Belichtungsregler getan. Es handelt sich dabei um ein Gerät, das anstelle des mechanischen Zeitschalters montiert wird. Die Belichtung kann nach Zahngruppen vorgewählt werden. Schwankungen im Stromnetz werden durch längere bzw. kürzere Belichtungszeiten ausgeglichen, so daß die Röntgenaufnahmen stets annähernd die gleiche Schwärzung aufweisen.

Außerdem ist noch zu berücksichtigen, daß bei zahnärztlichen Röntgengeräten keine Vorheizung der Röntgenröhre stattfindet, das bedeutet für die Praxis, daß bei kurzen Belichtungszeiten relativ wenig Dosis abgegeben wird, daß also eine Belichtungszeitverdopplung mehr als eine Dosisverdopp-

lung bedeutet. Letzteres sind aber Fakten, die kaum in Zahlen zu fassen sind.

4.10 Schutzmaßnahmen für den Zahnarzt und sein Personal

Im folgenden Abschnitt sind die wichtigsten Maßnahmen zum Schutz des Zahnarztes und seines Personals aufgeführt.

1. Der wichtigste Punkt ist die exakte Einblendung des Strahlenkegels nach den Forderungen von DIN 6811, die eine Begrenzung auf 6 cm Felddurchmesser vorsieht. Zweckmäßig wäre eine solche Ausstattung schon vom Hersteller, die eine Vergrößerung des Nutzstrahlenkegels über eine gewisse Größe durch eine Fixblendenscheibe z.B. nicht mehr ohne weiteres zulässt.
2. Durch eine Erhöhung des Fokus-Haut-Abstandes (Verwendung eines Langtubus) wird nicht nur die Oberflächen-dosis günstig beeinflusst, sondern auch die Ortsdosis verringert.

Nach den FDI-Empfehlungen (Punkte 3 und 4), die in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgemeinschaft für Röntgenologie herausgegeben wurden, wird gefordert, daß:

3. das Auslösekabel mindestens 2 m Länge aufweist, um dem Zahnarzt genügend Sicherheitsabstand von der Strahlenquelle zu bieten, ferner, daß
4. zur Belichtung elektronische Zeitschalter verwendet werden, um unkontrollierte Belichtungsverlängerungen durch mechanische Zeitschalter zu vermeiden.
5. Sollte nur hochempfindliches Filmmaterial in Verbindung mit optimaler Dunkelkammertechnik verwendet werden.
6. Die verwendeten Röntgengeräte müssen auf Leckstrahlung überprüft sein und den Forderungen der DIN 6811 entsprechen.
7. Sollte den Herstellern zur Auflage gemacht werden, daß sie ihren Geräten Dosisdiagramme beilegen.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Ziel der Arbeit war es, die Röntgenortsdosis in Gonadenhöhe des Zahnarztes bzw. seines Personals in Abhängigkeit von der Feldgröße des Nutzstrahlenbündels an der Tubusspitze zu bestimmen. Die Versuchsanordnung war so gewählt, daß der Betrieb des Röntgengerätes in der Einstellung auf die Molaren des Oberkiefers erfolgte. Die Ortsdosis wurde in 3 verschiedenen Entfernungen (0,5 1,0 2,0 m) und in verschiedenen Winkelgraden zum Zentralstrahl (0° , 30° , 60° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° , 300° , 330°) gemessen. Zur Belichtung wurden zwei verschiedene Röntengeräte verwendet (Siemens-Röntgenkugel A - 60 kV, 10 mA und Müller Oralix - 50 kV, 7 mA).

Es wurden 3 250 Dosismessungen durchgeführt. Die Untersuchungen ergaben, daß

1. der günstigste Standort bei der Aufnahme oberer Molaren im Winkel von 270° zum Zentralstrahl in 2 m Entfernung ist, d.h. im rechten Winkel hinter dem Patienten. Wo dies nicht möglich ist, kann die Stellung 90° empfohlen werden. Die verschiedentlich empfohlene Aufstellung entgegengesetzt zum Zentralstrahl gilt im wesentlichen nur für Unterkieferaufnahmen bei annähernd horizontaler Einstellung des Tubus.
2. die Ablehnung, das Röntgengerät an der Einheit zu betreiben, nicht aufrecht erhalten werden kann, da die Ortsdosen bei Aufstellung an der Seitenwand und in der Ecke erhöht sind.
3. der Langtubus eine deutliche Ortsdosisreduktion im Vergleich zum Kurztubus bringt.
4. die auftretenden Ortsdosen im rechten Winkel annähernd proportional der Feldgröße ansteigen.

5. die vorgesehene Abgrenzung von Kontroll- und Überwachungsbereich im zahnärztlichen Praxisraum bei Einhaltung der Strahlenschutzforderungen kaum möglich ist, da bei durchschnittlicher Röntgentätigkeit (1250 Aufnahmen/Jahr) der Überwachungsbereich 1 m Halbmesser nicht überschreitet.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung ermöglichen es dem Zahnarzt, sich an Hand des ihm zugesandten RÖPAK-Ergebnisberichtes und der in dieser Arbeit erstellten Tabellen und Isodosenkurven über die auftretenden Ortsdosen in Gonadenhöhe für seine individuellen Gegebenheiten des Praxisraumes, der Aufstellung seines Röntgengerätes und seinen eigenen Standort während der Aufnahme zu orientieren.

6. Anhang

Tabellen 2 mit 9: zeigen für die beiden Röntgengeräte (Siemens Röntgenkugel A und Müller Oralix) die Ortsdosiswerte, die an den verschiedenen Meßpunkten auftreten, wenn die Dosis von 1 R (an der Tubusspitze gemessen) gestrahlt wird. Ferner ist für jeden Meßpunkt die entsprechende Dosisleistung angegeben.

Grad- ein- tei- lung	Ent- fer- nung in m	Ortsdosis in mr pro 1 R an der Tubusspitze			Dosisleistung in mr/sec		
		1.Ecke	2.Seite	3.Raum	1.Ecke	2.Seite	3.Raum
0°	0,5	0,020	0,009	0,014	0,023	0,010	0,014
0°	1,0			0,008			0,009
0°	2,0			0,002			
30°	0,5	0,143	0,110	0,221	0,163	0,120	0,227
30°	1,0	0,013	0,008	0,040	0,015	0,008	0,041
30°	2,0	0,001	0,0008	0,006	0,002	0,0009	0,006
60°	0,5	0,074	0,039	0,070	0,084	0,042	0,072
60°	1,0	0,013	0,007	0,018	0,015	0,008	0,018
60°	2,0	0,002	0,001	0,004	0,002	0,001	0,004
90°	0,5	0,102	0,053	0,073	0,116	0,058	0,075
90°	1,5	0,015	0,003	0,017	0,018	0,014	0,018
90°	2,0	0,003	0,001	0,003	0,004	0,002	0,003
135°	0,5	0,030	0,096	0,084	0,035	0,105	0,086
135°	1,0	0,023	0,004	0,024	0,026	0,015	0,024
135°	2,0	0,007	0,005	0,004	0,008	0,005	0,004
180°	0,5	0,194	0,089	0,084	0,221	0,097	0,086
180°	1,0		0,026	0,024		0,029	0,024
180°	2,0		0,007	0,006		0,007	0,007
225°	0,5	0,113	0,092	0,086	0,129	0,101	0,088
225°	1,0		0,026	0,019		0,028	0,020
225°	2,0		0,007	0,005		0,007	0,005
270°	0,5	0,038	0,077	0,046	0,043	0,084	0,047
270°	1,0			0,008			0,009
270°	2,0			0,002			0,002
300°	0,5	0,023	0,046	0,009	0,026	0,050	0,009
300°	1,0			0,005			0,005
300°	2,0			0,001			0,001
330°	0,5	0,007	0,022	0,004	0,008	0,024	0,004
330°	1,0			0,002			0,002
330°	2,0			0,001			0,001

Tabelle 2: Müller Oralix-Kurztubus Feld: 3,5 Ø

Grad-ein- tei- lung	Ent- fer- nung in m	Ortsdosis in mr pro 1 R an der Tubusspitze			Dosisleistung in mr/sec		
		1.Ecke	2.Seite	3.Raum	1.Ecke	2.Seite	3.Raum
0°	0,5	0,041	0,057	0,049	0,052	0,075	0,063
0°	1,0			0,040			0,052
0°	2,0			0,005			0,006
30°	0,5	0,793	0,585	0,607	1,001	0,775	0,784
30°	1,0	0,084	0,116	0,131	0,106	0,153	0,169
30°	2,0	0,017		0,024	0,022		0,031
60°	0,5	0,216	0,219	0,183	0,272	0,290	0,237
60°	1,0	0,053	0,052	0,044	0,067	0,069	0,057
60°	2,0	0,010		0,011	0,013		0,014
90°	0,5	0,231	0,234	0,212	0,291	0,310	0,274
90°	1,0	0,053	0,052	0,049	0,067	0,068	0,064
90°	2,0	0,012		0,011	0,015		0,015
135°	0,5	0,154	0,211	0,172	0,195	0,280	0,222
135°	1,0	0,036	0,071	0,058	0,045	0,094	0,075
135°	2,0	0,018		0,015	0,023		0,019
180°	0,5	0,395	0,235	0,205	0,498	0,312	0,264
180°	1,0		0,070	0,064		0,093	0,083
180°	2,0		0,010	0,018		0,014	0,024
225°	0,5	0,286	0,141	0,164	0,361	0,188	0,212
225°	1,0		0,059	0,055		0,079	0,071
225°	2,0		0,014	0,015		0,019	0,019
270°	0,5	0,121	0,150	0,134	0,153	0,199	0,173
270°	1,0			0,027			0,035
270°	2,0			0,008			0,010
300°	0,5	0,088	0,136	0,025	0,111	0,180	0,033
300°	1,0			0,019			0,025
300°	2,0			0,003			0,004
330°	0,5	0,034	0,052	0,019	0,044	0,070	0,024
330°	1,0			0,010			0,013
330°	2,0			0,002			0,002

Tabelle 3: Müller Oralix-Kurztubus Feld: 6 cm Ø

Grad- ein- tei- lung	Ent- fer- nung in m	Ortsdosis in mr pro 1 R an der Tubusspitze			Dosisleistung in mr/sec		
		1.Ecke	2.Seite	3.Raum	1.Ecke	2.Seite	3.Raum
0°	0,5	0,113	0,121	0,154	0,037	0,039	0,045
0°	1,0			0,100			0,029
0°	2,0			0,004			0,001
30°	0,5	0,086		0,124	0,028	0,070	0,036
30°	1,0	0,011	0,021	0,020	0,003	0,006	0,006
30°	2,0	0,004	0,004	0,005	0,001	0,001	0,0016
60°	0,5	0,098	0,118	0,151	0,032	0,037	0,044
60°	1,0	0,021	0,028	0,032	0,007	0,008	0,009
60°	2,0	0,005	0,009	0,008	0,003	0,003	0,0025
90°	0,5	0,147	0,156	0,189	0,048	0,049	0,056
90°	1,0	0,039	0,042	0,050	0,013	0,013	0,014
90°	2,0	0,007		0,010	0,002		0,003
135°	0,5	0,145	0,126	0,206	0,047	0,040	0,061
135°	1,0	0,037	0,040	0,041	0,012	0,012	0,012
135°	2,0	0,008		0,009	0,002		0,002
180°	0,5	0,341	0,113	0,115	0,112	0,035	0,034
180°	1,0		0,040	0,041		0,012	0,012
180°	2,0		0,002	0,011		0,001	0,003
225°	0,5	0,326	0,148	0,226	0,107	0,047	0,066
225°	1,0		0,043	0,053		0,013	0,015
225°	2,0		0,010	0,010		0,003	0,003
270°	0,5	0,253	0,145	0,123	0,083	0,046	0,036
270°	1,0			0,026			0,007
270°	2,0			0,009			0,002
300°	0,5	0,151	0,172	0,107	0,049	0,054	0,031
300°	1,0			0,025			0,007
300°	2,0			0,004			0,0012
330°	0,5	0,016	0,015	0,023	0,005	0,004	0,007
330°	1,0			0,008			0,002
330°	2,0			0,001			0,0005

Tabelle 4: Müller Oralix Langtubus Feld: 6 cm Ø

Grad- ein- tei- lung	Ent- fer- nung in m	Ortsdosis in mr pro 1 R an der Tubusspitze			Dosisleistung in mr/sec		
		1.Ecke	2.Seite	3.Raum	1.Ecke	2.Seite	3.Raum
0°	0,5	0,078	0,098	0,062	0,070	0,085	0,052
0°	1,0			0,033			0,028
0°	2,0			0,005			0,004
30°	0,5	0,364	0,512	0,372	0,325	0,447	0,314
30°	1,0	0,077	0,064	0,073	0,069	0,056	0,061
30°	2,0	0,013	0,009	0,013	0,012	0,008	0,011
60°	0,5	0,292	0,264	0,248	0,261	0,230	0,209
60°	1,0	0,059	0,047	0,058	0,052	0,041	0,049
60°	2,0	0,010	0,011	0,012	0,009	0,009	0,010
90°	0,5	0,165	0,168	0,185	0,147	0,147	0,156
90°	1,0	0,048	0,041	0,046	0,040	0,036	0,039
90°	2,0	0,009	0,010	0,012	0,008	0,009	0,010
135°	0,5	0,176	0,126	0,105	0,158	0,110	0,088
135°	1,0	0,056	0,051	0,055	0,050	0,045	0,046
135°	2,0	0,016	0,012	0,013	0,014	0,010	0,011
180°	0,5	0,318	0,134	0,161	0,285	0,117	0,136
180°	1,0		0,052	0,055		0,046	0,046
180°	2,0		0,016	0,016		0,014	0,014
225°	0,5	0,323	0,123	0,111	0,289	0,107	0,093
225°	1,0		0,053	0,051		0,046	0,043
225°	2,0		0,014	0,014		0,012	0,012
270°	0,5	0,348	0,167	0,155	0,311	0,146	0,131
270°	1,0			0,025			0,013
270°	2,0			0,007			0,005
300°	0,5	0,105	0,263	0,041	0,094	0,229	0,034
300°	1,0			0,018			0,015
300°	2,0			0,003			0,002
330°	0,5	0,050	0,101	0,048	0,045	0,088	0,040
330°	1,0			0,015			0,013
330°	2,0			0,001			0,001

Tabelle 5: Siemens - Langtubus Feld: 6 cm Ø

Grad- ein- tei- lung	Ent- fer- nung in m	Ortsdosis in mr pro 1 R an der Tubusspitze			Dosisleistung in mr/sec		
		1.Ecke	2.Seite	3.Raum	1.Ecke	2.Seite	3.Raum
0°	0,5	0,009	0,009	0,008	0,018	0,016	0,015
0°	1,0			0,008			0,015
0°	2,0			0,002			0,005
30°	0,5	0,161	0,157	0,156	0,296	0,277	0,288
30°	1,0	0,020	0,017	0,026	0,037	0,030	0,048
30°	2,0	0,005	0,003	0,004	0,009	0,006	0,008
60°	0,5	0,104	0,075	0,097	0,191	0,132	0,179
60°	1,0	0,020	0,014	0,020	0,037	0,025	0,038
60°	2,0	0,003	0,002	0,003	0,006	0,005	0,006
90°	0,5	0,081	0,062	0,076	0,149	0,109	0,140
90°	1,0	0,020	0,014	0,017	0,038	0,025	0,033
90°	2,0	0,004		0,005	0,008		0,009
135°	0,5	0,067	0,074	0,079	0,124	0,130	0,147
135°	1,0	0,023	0,020	0,020	0,042	0,036	0,038
135°	2,0	0,006		0,005	0,012		0,010
180°	0,5	0,140	0,062	0,078	0,256	0,109	0,145
180°	1,0		0,023	0,028		0,040	0,052
180°	2,0		0,007	0,008		0,013	0,015
225°	0,5	0,129	0,063	0,074	0,237	0,110	0,136
225°	1,0		0,025	0,023		0,045	0,043
225°	2,0		0,006	0,006		0,011	0,011
270°	0,5	0,095	0,078	0,086	0,174	0,137	0,158
270°	1,0			0,010			0,019
270°	2,0			0,002			0,004
300°	0,5	0,042	0,139	0,026	0,077	0,245	0,048
300°	1,0			0,005			0,009
300°	2,0			0,001			0,001
330°	0,5	0,009	0,036	0,004	0,017	0,063	0,009
330°	1,0			0,003			0,006
330°	2,0			0,001			0,003

Tabelle 6: Siemens - Kurztubus Feld: 3,5 cm Ø

Grad- ein- tei- lung	Ent- fer- nung in m	Ortsdosis in mr pro 1 R an der Tubusspitze			Dosisleistung in mr/sec		
		1.Ecke	2.Seite	3.Raum	1.Ecke	2.Seite	3.Raum
0°	0,5	0,195	0,198	0,175	0,388	0,394	0,342
0°	1,0			0,044			0,087
0°	2,0			0,006			0,012
30°	0,5	0,510	0,421	0,399	0,986	0,838	0,781
30°	1,0	0,078	0,069	0,079	0,151	0,137	0,155
30°	2,0	0,015	0,009	0,015	0,030	0,018	0,029
60°	0,5	0,275	0,261	0,226	0,531	0,521	0,443
60°	1,0	0,062	0,044	0,054	0,120	0,088	0,106
60°	2,0	0,011	0,011	0,011	0,022	0,022	0,022
90°	0,5	0,196	0,127	0,174	0,378	0,254	0,340
90°	1,0	0,046	0,045	0,048	0,089	0,091	0,094
90°	2,0	0,011		0,012	0,022		0,025
135°	0,5	0,127	0,148	0,157	0,245	0,294	0,308
135°	1,0	0,061	0,052	0,052	0,119	0,104	0,102
135°	2,0	0,017		0,014	0,033		0,027
180°	0,5	0,313	0,147	0,167	0,604	0,292	0,327
180°	1,0		0,056	0,069		0,112	0,135
180°	2,0		0,018	0,019		0,036	0,038
225°	0,5	0,309	0,131	0,160	0,598	0,261	0,314
225°	1,0			0,057			0,113
225°	2,0			0,015			0,030
270°	0,5	0,223	0,147	0,139	0,431	0,293	0,273
270°	1,0			0,029			0,057
270°	2,0			0,006			0,012
300°	0,5	0,099	0,186	0,083	0,192	0,371	0,163
300°	1,0			0,020			0,040
300°	2,0			0,004			0,008
330°	0,5	0,040	0,033	0,020	0,078	0,065	0,040
330°	1,0			0,011			0,022
330°	2,0			0,002			0,005

Tabelle 7: Siemens - Kurztubus Feld: 6 cm Ø

Grad- ein- tei- lung	Ent- fer- nung in m	Ortsdosis in mr pro 1 R an der Tubusspitze			Dosisleistung in mr/sec		
		1.Ecke	2.Seite	3.Raum	1.Ecke	2.Seite	3.Raum
0°	0,5	0,362	0,397	0,330	0,723	0,775	0,664
0°	1,0			0,202			0,407
0°	2,0			0,014			0,029
30°	0,5	1,331	1,233	0,872	2,660	2,406	1,753
30°	1,0	0,235	0,184	0,166	0,470	0,356	0,333
30°	2,0	0,041	0,024	0,033	0,083	0,048	0,066
60°	0,5	0,506	0,628	0,404	1,011	1,226	0,813
60°	1,0	0,136	0,114	0,108	0,273	0,223	0,217
60°	2,0	0,026	0,028	0,023	0,053	0,054	0,047
90°	0,5	0,349	0,261	0,299	0,698	0,509	0,601
90°	1,0	0,091	0,087	0,084	0,181	0,170	0,170
90°	2,0	0,023		0,023	0,046		0,046
135°	0,5	0,242	0,277	0,276	0,484	0,541	0,554
135°	1,0	0,110	0,099	0,086	0,219	0,194	0,174
135°	2,0	0,030		0,027	0,061		0,055
180°	0,5	0,475	0,274	0,273	0,949	0,534	0,548
180°	1,0		0,102	0,111		0,199	0,223
180°	2,0		0,032	0,031		0,063	0,062
225°	0,5	0,464	0,220	0,246	0,927	0,430	0,496
225°	1,0		0,093	0,094		0,183	0,189
225°	2,0		0,025	0,024		0,050	0,050
270°	0,5	0,299	0,145	0,236	0,598	0,284	0,475
270°	1,0			0,048			0,097
270°	2,0			0,012			0,024
300°	0,5	0,152	0,329	0,164	0,304	0,642	0,330
300°	1,0			0,045			0,092
300°	2,0			0,009			0,019
330°	0,5	0,041	0,084	0,053	0,082	0,164	0,107
330°	1,0			0,027			0,056
330°	2,0			0,006			0,013

Tabelle 8: Siemens - Kurztubus Feld: 9 cm Ø

Grad- ein- tei- lung	Ent- fer- nung in m	Ortsdosis in mr pro 1 R an der Tubusspitze			Dosisleistung in mr/sec		
		1.Ecke	2.Seite	3.Raum	1.Ecke	2.Seite	3.Raum
0°	0,5	0,343	0,573	0,457	0,694	1,127	0,943
0°	1,0			0,273			0,564
0°	2,0			0,044			0,092
30°	0,5	2,972	3,649	2,073	6,015	7,176	4,281
30°	1,0	0,578	0,532	0,404	1,169	1,047	0,836
30°	2,0	0,103	0,078	0,091	0,209	0,155	0,189
60°	0,5	1,074	1,279	0,880	2,173	2,516	1,817
60°	1,0	0,313	0,253	0,192	0,634	0,498	0,398
60°	2,0	0,066	0,070	0,053	0,135	0,138	0,110
90°	0,5	0,776	0,422	0,648	1,571	0,829	1,332
90°	1,0	0,203	0,191	0,244	0,412	0,276	0,505
90°	2,0	0,055		0,054	0,111		0,111
135°	0,5	0,661	0,537	0,575	1,337	1,056	1,189
135°	1,0	0,220	0,196	0,184	0,445	0,387	0,381
135°	2,0	0,062		0,061	0,127		0,126
180°	0,5	0,993	0,477	0,521	2,01	0,939	1,077
180°	1,0		0,195	0,190		0,383	0,394
180°	2,0		0,060	0,058		0,119	0,120
225°	0,5	1,015	0,407	0,534	2,053	0,801	1,104
225°	1,0		0,176	0,218		0,346	0,451
225°	2,0		0,049	0,053		0,098	0,109
270°	0,5	0,868	0,526	0,623	1,757	1,035	1,287
270°	1,0			0,164			0,339
270°	2,0			0,041			0,084
300°	0,5	0,567	0,784	0,599	1,149	1,543	1,237
300°	1,0			0,181			0,374
300°	2,0			0,041			0,085
330°	0,5	0,255	0,269	0,252	0,517	0,530	0,521
330°	1,0			0,082			0,171
330°	2,0			0,018			0,038

Tabelle 9: Siemens Kurztubus Feld: 15 cm Ø

Tabelle 10: zeigt die Anzahl der Röntgenaufnahmen bzw. der Belichtungssekunden bis

- 1) die laut ICRP-Empfehlung höchstzulässige Dosis von 0,1 R pro Woche erreicht ist,
- 2) der Wert für die Grenze des Überwachungsbereiches von 0,15 R/Jahr (bei dauerndem Aufenthalt) und
- 3) der Wert für die Grenze zum Kontrollbereich von 1,5 R/Jahr (bei einem Aufenthalt von 40 Std./Woche) überschritten wird.

Die Angaben beziehen sich auf einen RÖ-Apparat mit 60 kV Röhrenspannung, 10 mA Röhrenstrom (Siemens Röntgenkugel A) und einem Felddurchmesser an der Tubusspitze von 6,0 cm sowie auf die Aufstellung des Röntgenapparates in Raummitte.

Tabelle 11: zeigt die Anzahl der Röntgenaufnahmen bzw. der Belichtungssekunden bis

- 1) die laut ICRP-Empfehlung höchstzulässige Dosis von 0,1 R pro Woche erreicht ist,
- 2) der Wert für die Grenze des Überwachungsbereiches von 0,15 R/Jahr (bei dauerndem Aufenthalt) und
- 3) der Wert für die Grenze zum Kontrollbereich von 1,5 R/Jahr (bei einem Aufenthalt von 40 Std./Woche) überschritten wird.

Die Angaben beziehen sich auf einen RÖ-Apparat mit 50 kV Röhrenspannung, 7 mA Röhrenstrom (Müller Oralix) und einem Felddurchmesser an der Tubusspitze von 6,0 cm sowie auf die Aufstellung des RÖ-Apparates in Raummitte.

Winkel zum Zentralstrahl	Entfernung vom Fokus (in cm)	Dosisleistung (in mR/sec)	mögliche Gesamtbelich- tungszeit mit vorstehen- der Dosisleistung, bis 0,1 R/Woche erreicht ist (in sec)	Am Meßpunkt (Spalte 1 u.2) auftretende Ortsdosis bezogen auf eine gestrahlte Dosis von 1,5 R (an der Tubusspitze gemessen) (= der durchschnittlichen Dosis für eine intraorale Aufnahme lt. Röntgen-Statistik	0,1 mR	0,15 mR	1,5 mR
0°	50 100 200	0,342 0,087 0,012	292 1150 8340	0,26 0,066 0,009	380 1500 11111	625 2250 16540	6250 22500 165400
30°	50 100 200	0,781 0,155 0,029	128 645 3430	0,598 0,119 0,022	152 840 4550	226 1260 6830	2260 12600 68300
60°	50 100 200	0,443 0,106 0,022	225 945 4550	0,339 0,081 0,016	295 1232 6250	443 1850 9375	4430 18500 93750
90°	50 100 200	0,340 0,094 0,025	294 1063 4000	0,261 0,072 0,018	383 1390 5560	574 2005 8340	5740 20050 83400
135°	50 100 200	0,308 0,102 0,027	324 981 3710	0,235 0,078 0,021	426 1282 4760	638 1924 7140	6380 19240 71400
180°	50 100 200	0,327 0,135 0,038	306 741 2630	0,251 0,104 0,027	399 962 3700	599 1440 5550	5990 14400 55500
225°	50 100 200	0,314 0,113 0,030	318 897 3333	0,24 0,084 0,022	417 1190 4540	625 1785 6810	6250 17850 68100
270°	50 100 200	0,273 0,057 0,012	366 1754 8340	0,209 0,044 0,009	478 2270 11111	718 3400 16540	7180 34000 165400
300°	50 100 200	0,163 0,040 0,008	614 2500 12500	0,124 0,030 0,006	806 3333 16670	1209 4999 --	12090 49999 --
330°	50 100 200	0,039 0,022 0,005	2560 4550 20000	0,030 0,016 0,003	3333 6250 --	4999 -- --	49999 -- --

Anzahl der Röntgen-Aufnahmen
mit einer gestrahlten
Dosis von 1,5 R (an der
Tubusspitze gemessen)
bis die nachstehenden
Dosiswerte erreicht sind.

Tabelle 10: (Siemens-Röntgenkugel A)

Winkel zum Zentralstrahl	Entfernung vom Fokus (in cm)	Dosisleistung (in mR/sec)	mögliche Gesamtbelich- tungszeit mit vorstehen- der Dosisleistung, bis 0,1 R/Woche erreicht ist (in sec)	Am Meßpunkt (Spalte 1 u.2) auftretende Ortsdosis bezogen auf eine gestrahlte Dosis von 1,5 R (an der Tubusspitze gemessen) (= der durchschnittlichen Dosis für eine intraorale Aufnahme lt. Röntgen-Statistik	Anzahl der Röntgen-Aufnahmen mit einer gestrahlten Dosis von 1,5 R (an der Tubusspitze gemessen) bis die nachstehenden Dosiswerte erreicht sind.
0°	50 100 200	0,063 0,052 0,006	1587 1923 16666	0,074 0,060 0,0075	1351 1668 13320
30°	50 100 200	0,784 0,169 0,031	127 592 3227	0,910 0,197 0,036	109 507 2788
60°	50 100 200	0,237 0,057 0,014	422 1753 7140	0,275 0,066 0,017	364 1515 5882
90°	50 100 200	0,274 0,064 0,015	355 1562 6666	0,318 0,074 0,017	314 1350 5882
135°	50 100 200	0,222 0,075 0,019	451 1333 5270	0,253 0,087 0,022	395 1149 4540
180°	50 100 200	0,264 0,083 0,024	379 1204 4170	0,307 0,096 0,027	326 1042 3705
225°	50 100 200	0,212 0,071 0,019	472 1408 5270	0,246 0,082 0,022	406 1219 4540
270°	50 100 200	0,173 0,035 0,010	583 2859 10000	0,201 0,041 0,012	498 2440 8340
300°	50 100 200	0,033 0,025 0,004	3030 4000 25000	0,038 0,028 0,004	2630 3570 25000
330°	50 100 200	0,024 0,013 0,002	4170 7690 50000	0,028 0,015 0,003	3570 6666 33333

Tabelle 11: (Müller-Oralix)

Überprüfung von zahnärztlichen Röntgenapparaturen nach dem Ropak-Verfahren

Mitteilung der Ergebnisse

(gerechnet mit der elektronischen Datenverarbeitungsanlage der GSF)

Auswertungsstelle für Strahlendosimeter der GSF
8042 NEUHERBERG Post Schleißheim Ingolstädter Landstraße 1 Tel. (0811) 3117611

Neuherberg, den

Kartei-Nr. _____

Bei Rückfragen bitte Kartei-Nr. angeben!

Betr.: Ergebnisse des ROPAK-Verfahrens

Die Untersuchung Ihres Röntgenapparates
nach dem Ropak-Verfahren hat ergeben:

mit Tubus

1. Felddurchmesser

cm

(darf nach DIN 6811 nicht größer als 6 cm sein)

☐

normal

☐

zu groß

2. Pro Aufnahme verabreichte Dosis

R

(Diese soll für eine intraorale Aufnahme eines Molaren

2 R an der Tubusspitze nicht überschreiten!)

☐

niedrig

☐

normal

☐

zu hoch

3. Strahlenqualität

HWSD

mm Al

☐

weich

☐

normal

☐

hart

4. Störstrahlung außerhalb des ausgeblendeten Feldes

☐

ja

☐

nein

5. Zentrierung

☐

gut

☐

schlecht

6. Verschiedenes

Auf Grund obiger Feststellungen sind aus Strahlenschutzgründen folgende Abhilfemaßnahmen erforderlich.
Diese sind auf der Rückseite abgedruckt. Bitte beachten Sie die angekreuzten Abschnitte.

zu 1. ☐ zu 2. ☐ zu 3. a) ☐ b) ☐ zu 4. ☐ zu 5. ☐

Beilage ☐

zu 1.: Der Felddurchmesser ist zu groß!

Er muß durch einen kleineren Bleiblenzenring auf die geforderte Größe gebracht werden. Setzen Sie sich zwecks Abhilfe mit der Lieferfirma Ihres Apparates in Verbindung

zu 2.: Die verabreichte Dosis ist zu hoch!

(Diese soll 2 R an der Tubusspitze nicht überschreiten!)

Eine Zusatzfilterung setzt die Hautdosis herab. Zwecks Abhilfe empfehlen wir Ihnen, sich mit der Lieferfirma Ihres Apparates in Verbindung zu setzen.

zu 3.: Die festgestellte Strahlenqualität ist zu weich!

a) Überprüfen Sie die Filterung

(im geringen Maße kann durch zusätzliche Filterung die Strahlung aufgehärtet werden)

b) Lassen Sie die Netzspannung überprüfen.

zu 4.: Bei weiterem Betrieb dieses Apparates ist Vorsicht geboten. Lassen Sie den Apparat möglichst bald durch die Lieferfirma überprüfen!

zu 5.: Die mangelhafte Zentrierung kann durch ungenaue Einstellung der Tubusspitze auf den Aufnahmepunkt des Ropak bedingt sein. Andernfalls liegt ein Mangel vor, der durch die Lieferfirma behoben werden kann.

Auswertungsstelle für Strahlendosimeter

München

7. LITERATURVERZEICHNIS

- (1) ARDRAN, G.M. und H.E. CROOKS
Observations on the dose from dental
X-ray procedures.
Brit.J.Radiol. 32 (1959) 572
- (2) BABOR, R. und E. SONNABEND
Überprüfung zahnärztlicher Röntgen-
apparate auf Strahlensicherheit nach
dem Ropak-Verfahren.
Dtsch.zahnärztl.Z. 25 (1970) 577
- (3) CAMPBELL, J.A. Reduction of radiation hazards in
dental radiography.
Dent.Digest 64 (1958) 177
- (4) GÜNTHER, H. Über Gefahren und Schäden durch Rönt-
genstrahlen in der zahnärztlichen
Röntgendiagnostik und die Bedeutung
von Sicherungsmaßnahmen.
Dtsch.zahnärztl.Z. 12 (1957) 913 u. 969
- (5) HAYBITTLE, J.L. The effect of field size on the dose
to the patient in diagnostic radiology.
Brit.J.Radiol. 30 (1957) 663
- (6) HEISS, B. Streustrahlenmessungen an einem zahn-
ärztlichen Röntgengerät.
Med.Diss. Frankfurt a.M. 1952
- (7) ILG, V.K. Untersuchungen über die Röntgenstrah-
lenbelastung.
Dtsch.zahnärztl.Z. 12 (1957) 733

- (8) JUNG,T. Grundregeln für den Strahlenschutz
bei Röntgenaufnahmen.
Dtsch.Zahnärztebl. 20 (1966) 620

- (9) KIRSCH,TH. Zur Messung von Streustrahlen bei
intraoralen Röntgenaufnahmen.
Zahnärztl.Welt 59 (1958) 2

- (10) LANGENDORFF,H., SPIEGLER,G. und WACHSMANN,F.
Strahlenschutz-Überwachung mit Filmen.
Fortschr.Röntgenstr. 77 (1952) 143

- (11) LOVETT,D.W. Scatter radiation emanating from
the patient during dental roent-
genographic procedures.
J.Dent.Res. 38 (1959) 9

- (12) VON RECKOW,J.F. Der gegenwärtige Stand des Strahlen-
schutzes in der zahnärztlichen Praxis.
Radiologe 4 (1964) 293

- (13) REICH,B. Protection against radiation from
dental X-ray apparatus.
J.Amer.Dent.Ass. 46 (1953) 615

- (14) RICHARDS,A.G. The "use factor" in radiation
barrier design.
Oral.Surg. 23 (1967) 745

- (15) RICHARDS,A.G. A pinhole camera for radiation
research in dentistry.
J.Dent.Res. 41 (1962) 29

- (16) RICHARDS,A.G. New method for reduction of gonadal
irradiation of dental patients.
J.Amer.Dent.Ass. 65 (1962) 1

- (17) RICHARDS,A.G. A secondary radiation and the dentist.
J.Amer.Dent.Ass. 57 (1958) 31
- (18) SEELENTAG,W. und H.SCHMIER
Die natürliche und künstliche
Strahlenbelastung des Menschen.
Radiologe 6 (1966) 303
- (19) SMITH,S.W. Protection in the use of dental
roentgenographic equipment.
J.Amer.Dent.Ass. 51 (1955) 12
- (20) SONNABEND,E. Strahlenexposition und Strahlenschutz
Dtsch.Zahnärztl.Z. 22 (1967) 126
- (21) SONNABEND,E. Zur Minderung der Gonadendosis bei
Röntgenaufnahmen der Zähne und Kiefer.
Dtsch.Zahnärztl.Z. 18 (1963) 1295
- (22) SONNABEND,E. Verfahren zur Minderung der Röntgen-
dosis bei Zahnaufnahmen.
Dtsch.Zahnärztl.Z. 16 (1961) 319
- (23) SONNABEND,E. Die Strahlenbelastung des Patienten
bei Röntgenaufnahmen der Zähne.
Stoma 15 (1962) 186 u. 16 (1963) 29
- (24) SONNABEND,E. und U.WENZEL
Die Röntgenstrahlen-Dosis im zahn-
ärztlichen Praxisraum.
Dtsch.Zahnärztl.Z. 24 (1969) 565
- (25) STANFORD,R.W. und J.VANCE
The quantity of radiation received by
the reproductive organs of patients
during routine diagnostic X-ray
examination.
Brit.J.Radiol. 28 (1955) 266

- (26) WACHSMANN, F. H. TIEFEL und E. BERGER

Messung der Quantität und Qualität
gestreuter Röntgenstrahlen
Fortschr. Röntgenstr. 101 (1964) 308

- (27) WAINWRIGHT, W. W. Filtration for lowest patient dose
in dental radiography.
Oral. Surg. 16 (1963) 561

- (28) WENZEL, U. Über die Größe der Röntgenstrahlen-
dosis im zahnärztlichen Praxisraum.
Med. Diss. Göttingen 1967

Unfallverhütungsvorschrift: Anwendung von Röntgenstrahlen
in medizinischen Betrieben (ärztlichen, zahnärztli-
chen und tierärztlichen) vom 1. Oktober 1953.

DIN-Blatt 6811. Neufassung der 1. Strahlenschutzverord-
nung (15. Oktober 1965)
Entwurf einer Verordnung über den Schutz vor Schäden
durch Röntgenstrahlen bei der Anwendung auf Mensch
und Tier. Stand Juli 1969

Empfehlung der Internationalen Kommission für Strahlen-
schutz (ICRP).

LEBENS LAUF

Am 28. November 1944 wurde ich, Fritz Sauter, in Bayrischzell als Sohn der Eheleute Paula Glöckler, geb. Maier und Fritz Glöckler geboren. Mein Vater war bereits im August 1944 in Frankreich gefallen.

Ich wuchs im Hause meines Pflegevaters, dem Zahnarzt Rudolf Sauter, den meine Mutter heiratete, auf. Dieser adoptierte mich nach Beendigung meines Studiums, vor meiner Approbation.

Im Herbst 1950 war ich in München eingeschult worden. Nach der Volksschule besuchte ich dann ab 1954 das Alte Realgymnasium in München, an dem ich 1963 die Reifeprüfung bestand.

Im Wintersemester 1963/64 begann ich das Studium der Zahnheilkunde an der Ludwig-Maximilians-Universität in München. Nach fünf vorklinischen Semestern legte ich 1966 die zahnärztliche Vorprüfung ab und erlangte 1969 mit dem Staatsexamen die Approbation als Zahnarzt. Seitdem bin ich als Assistent in München tätig.

